

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ESOLINE HELENA CAVALLI ZAMARIAN

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM
PARTÍCULAS GERADAS A PARTIR DE DESCARTES DE MÓVEIS**

CURITIBA

2016

ESOLINE HELENA CAVALLI ZAMARIAN

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM
PARTÍCULAS GERADAS A PARTIR DE DESCARTES DE MÓVEIS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Engenharia Florestal, Área de Concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosilani Trianoski
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque.

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Zamarian, Esoline Helena Cavalli

Avaliação da qualidade de painéis aglomerados produzidos com partículas geradas a partir de descartes de móveis / Esoline Helena Cavalli Zamarian. – Curitiba, 2016.

170 f. : il.

Orientadora: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Coorientadores: Profª. Drª. Rosilani Trianoski

Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 02/12/2016.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Painéis de madeira. 2. Chapa de madeira aglomerada. 3. Resíduos vegetais. 4. Teses. I. Iwakiri, Setsuo. II. Trianoski, Rosilani. III. Albuquerque, Carlos Eduardo Camargo de. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

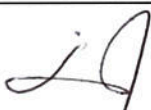
CDD – 674.836

CDU – 634.0.832

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ESOLINE HELENA CAVALLI ZAMARIAN** intitulada: **AValiação DA QUALIDADE DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM PARTÍCULAS GERADAS A PARTIR DE DESCARTES DE MÓVEIS**, após terem inquirido a aluna e realizado e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

Curitiba, 02 de Dezembro de 2016.



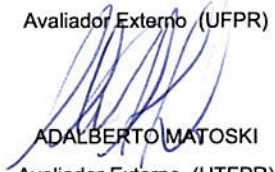
SETSUO IWAKIRI

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



MARCIA KEIKO ONO ADRIAZOLA

Avaliador Externo (UFPR)



ADALBERTO MATOSKI

Avaliador Externo (UTFPR)



CARLOS EDUARDO CAMARGO DE ALBUQUERQUE

Avaliador Externo (UFPR)



JOSELENA DE ALMEIDA TEIXEIRA

Avaliador Externo (UTFPR)



Dedico este trabalho à Deus, ao meu marido, à minha filha e aos meus pais por serem presenças amorosas e constantes na minha vida. Dedico também àquele que se ausentou, meu irmão Carlos Cesar Cavalli com imensa saudade (1967-2014).

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pelo total apoio para a realização desta pesquisa.

À UTFPR pelo incentivo e pela total dedicação ao seu corpo docente.

Ao professor Dr. Setsuo pela orientação desta tese e por suas preciosas contribuições e observações.

Aos professores Dra. Rosilani e Dr. Camargo pela imensa ajuda e por serem tão dedicados. Este trabalho deve muito a vocês.

Ao professor Dr. Jorge por suas incansáveis contribuições. Muito obrigada por toda a ajuda com as estatísticas desta pesquisa.

Ao funcionário Sr. Ademir por todo auxílio na concretização deste trabalho.

À empresa Berneck por ceder o material necessário para a execução dos painéis.

Aos professores Dr. Klock e Dr. Alan e também à Eliane por todo auxílio durante a coleta de dados.

Aos professores colegas do departamento de Desenho Industrial da UTFPR, pelo incentivo, pelas contribuições e amizades.

Aos colegas de pós-graduação pelas trocas de experiências.

À minha família, aos meus pais e irmãos por serem tão amorosos e pacientes.

À Deus por ser tão parceiro, fiel, amoroso e presente.

BIOGRAFIA

Nascida em Curitiba, filha de Venevenuto Antonio Cavalli e Eliza Ledoina Cavalli, graduou-se como designer pela Universidade Federal do Paraná (1995-2000). Após atuação em indústrias e iniciação na docência em meados de 2004, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná em 2006, defendendo sua dissertação de mestrado, sob o título “Características Técnicas, Estéticas e Mercadológicas da Bracatinga (Mimosa scabrella Benthham) na Fabricação de Móveis”, em 2008. Em março de 2013 iniciou o doutorado no mesmo programa de pós-graduação, resultando na apresentação desta tese intitulada “Avaliação da qualidade de painéis aglomerados produzidos com partículas geradas a partir de descartes de móveis”. Também em 2013 passou a integrar o quadro de docentes efetivos do Departamento de Desenho Industrial da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

"...há que se ter em mente que “justiça ambiental” é parte integrante da “justiça social”.

Campanha da Fraternidade, 2016.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade de painéis aglomerados produzidos com partículas geradas a partir de descartes de móveis, na forma pura e em mistura com partículas industriais de *Pinus*. Os móveis descartados foram coletados nas ruas de Curitiba-PR e triturados em uma recicladora da cidade, eliminando os metais agregados à madeira durante o processo. O material foi processado em laboratório para a obtenção das partículas, juntamente com as partículas de *Pinus* proveniente da empresa Berneck. Foram produzidos painéis com massa específica nominal de $0,70 \text{ g/cm}^3$, utilizando a resina ureia-formaldeído na proporção de 10% de sólidos - base peso seco das partículas e 1% de emulsão parafínica. Os painéis foram prensados com pressão específica de 40 kgf/cm^2 , temperatura de 140°C e tempo de prensagem de 10 minutos. O plano experimental consistiu na produção de painéis com 10%, 25%, 50% e 75% de partículas de descartes de móveis com partículas de *Pinus*, além de painéis com 100% destes materiais. Os painéis foram submetidos aos seguintes ensaios físicos e mecânicos: Massa Específica Aparente, Absorção de Água e Inchamento em Espessura, Flexão Estática, Ligação Interna e Resistência ao Arrancamento de Parafuso, baseados nas Normas EN e NBR. Os resultados das propriedades físicas e mecânicas dos painéis demonstraram a viabilidade de uso de partículas provenientes de descartes de móveis para a produção de painéis aglomerados. Também se constatou a possibilidade de uso integral das partículas provenientes de resíduos sem a mistura com partículas industriais de *Pinus*. As diferenças em termos de composição do material, da exposição ao ambiente e tempo de uso dos painéis até o final do seu ciclo de vida não afetaram a qualidade dos painéis aglomerados produzidos. A partir dos resultados obtidos, em uma segunda fase, optou-se por avaliar os efeitos de diferentes massas específicas e teores de resina para painéis aglomerados fabricados com a mistura de 50% de partículas de descarte. A escolha deste tratamento justificou-se pela maior quantidade aceitável da mistura na produção de aglomerados com resultados aprovados em todos os ensaios. O plano experimental consistiu na produção de painéis com massa específica de 0,55, 0,70 e $0,85 \text{ g/cm}^3$, e teor de resina ureia-formaldeído de 8, 10 e 12%. O aumento da massa específica e teor de resina contribuíram para melhorar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis. Os painéis produzidos com massa específica de 0,70 e $0,85 \text{ g/cm}^3$, e teores de resina de 10% e 12%, apresentaram melhor desempenho em relação aos requisitos das normas NBR e EN. Desta forma, pode-se indicar o uso de partículas de descartes de móveis na proporção de 50% de mistura com partículas industriais de *Pinus*, com massa específica de $0,70 \text{ g/cm}^3$ e 10% de teor de resina, para a produção de painéis aglomerados na indústria moveleira.

Palavras-chave: Painéis de madeira aglomerada. Reaproveitamento de móveis descartados. Resíduos de madeira.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the quality of particleboard produced with particles generated from furniture disposal, in pure form and mixed with industrial particles of *Pinus*. The discarded furniture has been collected in the streets of Curitiba-PR and crushed in a local recycler, removing the metal from the wood during the process. The material has been processed in the laboratory in order to obtain such particles together with particles of *Pinus* from the company Berneck. Panels have been produced with nominal density of $0,70 \text{ g/cm}^3$, using the urea formaldehyde resin in a proportion of 10% solids – dry weight basis from the particles and 1% of paraffinic emulsion. The panels have been pressed for 10 minutes with a specific pressure of 40 kgf/cm^2 and a temperature of 140°C . The experimental plan has consisted in producing panels with 10%, 25%, 50% and 75% particles from discarded furniture with *Pinus* particles, in addition to panels with 100% of these materials. The panels were subjected to the following physical and mechanical tests: Apparent Specific Mass, Water Absorption and Swelling in Thickness, Static Bending, Internal Connection and Pullout Strength of Screws, based on EN and NBR standards. The results of physical and mechanical properties of the boards have showed the feasibility of the usage of particles from discarded furniture for the production of particleboard. The possibility of fully using particles from waste, without blending it with industrial particles of *Pinus*, has also been found. The differences in material composition, environmental exposure and usage time of the panels until end of their life cycle have not affected the quality of the produced particleboard. From the results obtained, in a second stage, was chose to evaluate the effects of different densities and resin content for particleboard manufactured with the mixture of 50% discarded particles. The choice of this treatment has been justified by the greater acceptable amount of the mixture in the production of particleboard with approved results in all tests. The experimental plan has consisted in producing panels with density of $0,55 \text{ g/cm}^3$, $0,70 \text{ g/cm}^3$ and $0,85 \text{ g/cm}^3$, resin and urea formaldehyde content of 8%, 10% and 12%. The increase of both density and resin content has contributed to improve the physical and mechanical properties of the panels. The panels produced with density of $0,70 \text{ g/cm}^3$ and $0,85 \text{ g/cm}^3$ and resin content of 10% and 12% have showed better performance in relation to the requirements of NBR and EN standards. Therefore, for the production of particleboard in the furniture industry, the use of particles from discarded furniture, in a proportion of 50% mixture with industrial *Pinus* particles with density of $0,70 \text{ g/cm}^3$ and 10% resin content, can be indicated.

Key words: Particleboard. Reuse of discarded furniture. Wood waste.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	PROCESSO DE RECICLAGEM DA MADEIRA NA EMPRESA BYOCOM: ESTEIRA COM O ROLO TRITURADOR (A), ELETROÍMÃ (B) E PARTÍCULAS GERADAS (C).....	25
FIGURA 2 -	METAIS RECOLHIDOS DURANTE O PROCESSO DE RECICLAGEM DA MADEIRA.....	26
FIGURA 3 -	FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS.....	30
FIGURA 4 -	TRANSPORTE DE MÓVEIS DESCARTADOS (A) E ESTEIRA DE ALIMENTAÇÃO DO TRITURADOR DA EMPRESA RECICLADORA (B).....	43
FIGURA 5 -	CAVACOS DE MÓVEIS DESCARTADOS APÓS A PRIMEIRA TRITURAÇÃO.....	44
FIGURA 6 -	MOINHO DE MARTELOS (A), PARTE INTERNA DO MOINHO DE MARTELOS (B) E CLASSIFICADOR DE PENEIRA UTILIZADO PARA RETIRADA DE FINOS DAS PARTÍCULAS (C).....	45
FIGURA 7 -	PENEIRAS DO MOINHO DE MARTELOS COM RESPECTIVAS PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS: MALHA 18mm (A) E MALHA 12mm (B).....	46
FIGURA 8 -	MALHAS DAS PENEIRAS DO CLASSIFICADOR MANUAL UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PARTÍCULAS.....	47
FIGURA 9 -	PRODUÇÃO DOS PAINÉIS AGLOMERADOS: ENCOLADEIRA (A); CAIXA FORMADORA (B); COLCHÃO FORMADO (C); PRENSAGEM DOS PAINÉIS (D); ESQUADREJAMENTO (E); CLIMATIZAÇÃO (F)	51

FIGURA 10-	PLANO DE CORTE PARA OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	52
FIGURA 11 -	VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (2 HORAS) E REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2.....	61
FIGURA 12 -	VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 HORAS) E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003.....	62
FIGURA 13 -	VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003.....	65
FIGURA 14 -	VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE RUPTURA E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003.....	66
FIGURA 15 -	VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003.....	68
FIGURA 16 -	VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA SUPERFÍCIE E REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2.....	70
FIGURA 17 -	VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NO TOPO E REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2.....	71
FIGURA 18 -	VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (2 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA.....	81
FIGURA 19 -	VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (24 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA.....	81
FIGURA 20 -	VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (2 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2.....	82

FIGURA 21 -	VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312:2003.....	83
FIGURA 22 -	VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312: 2003.....	88
FIGURA 23 -	VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE RUPTURA PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312:2003.....	89
FIGURA 24 -	VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312: 2003.....	94
FIGURA 25 -	VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (SUPERFÍCIE) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2.....	98
FIGURA 26 -	VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (TOPO) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2.....	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	REQUISITOS DE RESISTÊNCIA MÍNIMA DA NORMA EN 312 (2003) PARA PAINÉIS DE INTERIORES.....	41
TABELA 2 -	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL – FASE 1.....	49
TABELA 3 -	PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PARTÍCULAS USADAS NA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS.....	54
TABELA 4 -	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA RESINA UREIA-FORMALDEÍDO.....	57
TABELA 5 -	VALORES MÉDIOS DAS MASSAS ESPECÍFICAS DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E <i>PINUS</i>	58
TABELA 6 -	VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E <i>PINUS</i>	59
TABELA 7 -	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E <i>PINUS</i>	64
TABELA 8 -	VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E <i>PINUS</i>	67
TABELA 9 -	VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E <i>PINUS</i>	69

TABELA 10 -	RESUMO DOS DESEMPENHOS DOS TRATAMENTOS NOS ENSAIOS DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS.....	72
TABELA 11 -	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL – FASE 2.....	77
TABELA 12 -	VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA.....	79
TABELA 13 -	VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA.....	84
TABELA 14 -	VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA.....	86
TABELA 15 -	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA.....	87
TABELA 16 -	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA.....	91
TABELA 17 -	VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA.....	92
TABELA 18 -	VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA	93
TABELA 19 -	VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA.....	95
TABELA 20 -	VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA.....	95
TABELA 21 -	VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA	97

TABELA 22 - VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA.....	100
TABELA 23 - VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA.....	101
TABELA 24 - RESUMO DOS DESEMPENHOS DOS TRATAMENTOS NOS ENSAIOS DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA	102

LISTA DE SIGLAS

AA	- Absorção de Água
ABIMCI	- Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente
ANCOVA	- Análise de Covariância
ANOVA	- Análise de Variância
APS	- Arrancamento de Parafuso na Superfície
APT	- Arrancamento de Parafuso no Topo
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DM	- Partículas de Descarte de Móveis
EN	- European Standards
FF	- Fenol-formaldeído
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IE	- Inchamento em Espessura
LI	- Ligação Interna
MDF	- Medium Density Fiberboard
MDP	- Medium Density Particleboard
MDL	- Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
ME	- Massa Específica do Painei
MEg	- Massa Específica a Granel
MOE	- Módulo de Elasticidade
MOR	- Módulo de Ruptura
OSB	- Oriented Strand Board
P	- Partículas Industriais de <i>Pinus</i>
pH	- Potencial de Hidrogênio

PNQM	- Programa Nacional de Qualidade da Madeira
R	- Teor de Resina
RMC	- Região Metropolitana de Curitiba
SISNAM	- Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	- Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	-Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária
TAPPI	- Technical Association of the Pulp and Paper Industry
Tet	-Teor de Extrativos Totais
Ts	-Teor de Sólidos
TU	-Teor de Umidade
U\$	- Dólar Americano
UF	- Ureia-formaldeído
UFPR	- Universidade Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	HIPÓTESES DE PESQUISA	18
1.2	OBJETIVO GERAL	18
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4	JUSTIFICATIVAS	19
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1	RECICLAGEM E REUSO DA MADEIRA	22
2.2	A RECICLAGEM DE MADEIRAS EM CURITIBA E RMC	25
2.3	PAINÉIS AGLOMERADOS	26
2.4	PROCESSO PRODUTIVO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA....	28
2.5	MATÉRIA-PRIMA	31
2.6	VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS ...	32
2.6.1	Variáveis relativas à madeira	33
2.6.2	Variáveis relativas ao processo	35
2.7	PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PAINÉIS AGLOMERADOS	40
	FASE 1 – PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS COM PARTÍCULAS INDUSTRIAIS DE <i>PINUS</i> spp.....	42
1	OBJETIVOS	42
1.1	OBJETIVO GERAL	42
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
2	MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1	COLETA E PREPARAÇÃO DO MATERIAL	43
2.1.1	Partículas de descarte de móveis	43
2.1.2	Partículas de <i>Pinus</i> spp.....	44

2.1.3	Resina, catalisador e parafina	44
2.2	MÉTODOS	45
2.2.1	Preparação das partículas	45
2.2.2	Propriedades químicas e físicas das partículas	46
2.2.2.1	Teor de umidade	47
2.2.2.2	Massa específica a granel.....	47
2.2.2.3	pH	48
2.2.2.4	Teor de extrativos totais	48
2.2.3	Avaliação dos parâmetros da qualidade da resina	48
2.2.4	Delineamento experimental.....	49
2.2.5	Quantificação do material.....	50
2.2.6	Produção dos painéis.....	50
2.2.7	Confecção dos corpos de prova.....	51
2.2.8	Ensaio para determinação das propriedades físicas e mecânicas	52
2.2.9	Análise estatística	53
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
3.1	PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PARTÍCULAS E DA RESINA	54
3.1.1	Propriedades físicas e químicas das partículas	54
3.1.2	Propriedades da resina	57
3.2	PROPRIEDADES DOS PAINÉIS	57
3.2.1	Propriedades físicas dos painéis.....	57
3.2.1.1	Massa específica aparente	57
3.2.1.2	Absorção de água e inchamento em espessura	59
3.2.2	Propriedades mecânicas dos painéis.....	64
3.2.2.1	Flexão estática	64
3.2.2.2	Ligação interna.....	67
3.2.2.3	Arrancamento de parafuso.....	69

3.3	CONSIDERAÇÕES	72
4	CONCLUSÕES	75
	FASE 2 – AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA MASSA ESPECÍFICA E DO	
	TEOR DE RESINA NAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS AGLOMERADOS	
	PRODUZIDOS COM PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS	76
1	OBJETIVOS	76
1.1	OBJETIVO GERAL	76
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	76
2	MATERIAL E MÉTODOS	77
2.1	PREPARAÇÃO DO MATERIAL	77
2.2	MÉTODOS	77
2.2.1	Delineamento experimental.....	77
2.2.2	Produção dos Painéis	77
2.2.3	Confecção dos corpos de prova.....	78
2.2.4	Ensaio para determinação das propriedades físicas e mecânicas	78
2.2.5	Análise estatística	78
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
3.1	PROPRIEDADES DOS PAINÉIS.....	79
3.1.1	Propriedades físicas dos painéis.....	79
3.1.1.1	Absorção de água e inchamento em espessura	79
3.1.2	Propriedades mecânicas dos painéis.....	87
3.1.2.1	Flexão estática	87
3.1.2.2	Ligação interna.....	92
3.1.2.3	Arrancamento de parafuso.....	96
3.2	CONSIDERAÇÕES	102
4	CONCLUSÕES	105
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
	CONCLUSÕES FINAIS.....	108
	RECOMENDAÇÕES	109

REFERÊNCIAS	110
APÊNDICE 1 – CÁLCULOS PARA A PRODUÇÃO DE PAINEL	119
APÊNDICE 2 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS	129

1 INTRODUÇÃO

As indústrias de painéis particulados de madeira têm apresentado uma evolução significativa em termos de produção e inovação tecnológica. A necessidade de melhor aproveitamento da matéria-prima, reduzindo o seu desperdício, e as exigências quanto à resistência e às demais características técnicas dos painéis são alguns dos fatores que impulsionaram o desenvolvimento desta indústria. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO), 1975).

A indústria de painéis investiu, nos últimos anos, bilhões de dólares na modernização e atualização tecnológica das plantas existentes no Brasil, com linhas contínuas, novos processos de impressão, impregnação, revestimento e pintura. Também expandiu suas áreas de plantios florestais, para a ampliação da sua capacidade produtiva. (DONATI, 2010).

Muito deste investimento deve-se ao fato de que a indústria de painéis oferta uma grande gama de produtos de alta qualidade, que são a base de matérias-primas de importantes setores, como a construção civil e mobiliário. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA (ABIPA), 2014).

O setor moveleiro utiliza a madeira em 80% de sua produção, sendo 83% deste consumo com painéis de madeira e 17% com madeira maciça. (IEMI, 2015). Em 2016 é esperado um aumento de 2,8% na produção mundial de móveis, com base em dados que cobrem os 70 maiores países do setor. (GUINSKI, 2015).

Este elevado consumo de móveis de madeira demonstra a necessidade de atender a demanda de matéria-prima do setor e de prever o gerenciamento dos descartes destes produtos em um futuro próximo, quando chegarem ao fim de sua vida útil pelos consumidores. Pois, como afirma Alves (2003), mesmo sendo a madeira considerada um resíduo de fonte biodegradável, seu descarte não é mais aceitável na sociedade atual.

A preocupação com o descarte de resíduos sólidos fez surgir impactos legais sobre fabricantes e consumidores. A lei 12.305, que trata sobre a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, engloba, na sua observância, as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos, instituindo responsabilidades compartilhadas pelo ciclo de vida de produtos. Entre as responsabilidades estão o aproveitamento do resíduo para a cadeia produtiva, o incentivo do uso de insumos de menor agressividade ao meio ambiente, a eficiência e a sustentabilidade das atividades produtivas e o estímulo do desenvolvimento do mercado, da produção e do consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis. (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2010).

No entanto, ocorrem outras realidades para o destino de alguns resíduos, como a queima, para fins energéticos, ou a deposição em aterros sanitários. Estas práticas, comuns em materiais como painéis de madeira (com resinas tóxicas) e, também, madeiras autoclavadas com produtos químicos, podem ter graves consequências para a saúde humana e do meio ambiente. (SMITH, 2004).

Na Europa, a prática da reciclagem de produtos de madeira vem dando novos usos sustentáveis a diversas cadeias de consumo, viabilizando, cada vez mais, empresas a se desenvolverem pelos princípios da logística reversa. (SMITH, 2004).

Resíduos lenhosos, provenientes da poda de árvores, descartes de estrados, restos de embalagens, sobras da indústria de construção civil e móveis inservíveis, são algumas fontes que podem ser utilizadas como alternativa de reciclagem de materiais, incorporando-os como insumo na produção de novos produtos que utilizem a madeira. (HOWARTH, 2003).

Em razão destes fatores, é de fundamental importância o desenvolvimento de pesquisas, no Brasil, que permitam a produção de painéis aglomerados a partir de novas opções de materiais que ampliem o rendimento da matéria-prima, diminuam o impacto ao ecossistema e possibilitem a redução de custos na indústria, contudo, considerando os parâmetros técnicos e as propriedades físicas e mecânicas exigidas.

Neste contexto, esta pesquisa visa a avaliação da qualidade de painéis aglomerados produzidos com partículas geradas a partir de descarte de móveis. A alternativa do aproveitamento deste descarte na produção de novos painéis é uma ideia que favorece a redução do uso de florestas, agrega valor a matéria-prima de descarte, viabiliza a economia de recursos da indústria e diminui a poluição urbana.

1.1 HIPÓTESES DE PESQUISA

Esta tese foi fundamentada nas seguintes hipóteses de pesquisa:

É possível usar partículas de madeiras provenientes do descarte de móveis para a produção de painéis aglomerados?

Como é possível inserir as partículas de descarte de móveis no processo produtivo de painéis aglomerados?

1.2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade de painéis aglomerados produzidos com partículas geradas a partir de descartes de móveis.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar a viabilidade técnica da geração de partículas provenientes de móveis descartados para a fabricação de painéis aglomerados.

Avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados gerados a partir da mistura, em diferentes proporções, de partículas de descarte de móveis com partículas industriais de *Pinus*.

Avaliar o efeito de diferentes massas específicas, teores de resinas e de quantidades de partículas de descartes de móveis nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados.

1.4 JUSTIFICATIVAS

A reciclagem de produtos a base de madeira torna-se cada vez mais importante para a indústria de base florestal, tendo em vista o seu impacto positivo ao meio ambiente e à cadeia produtiva de bens de consumo.

O consumo de madeira em grande escala, pelos diversos setores da sociedade, faz com que surjam discussões e questionamentos acerca dos impactos dos resíduos madeireiros ao ecossistema, instigando a ciência florestal no desenvolvimento de pesquisas sobre soluções mitigadoras dos impactos ambientais gerados nos processos produtivos, onde a madeira é o principal componente da matéria-prima.

A principal fonte de madeiras para a produção de painéis aglomerados no Brasil é proveniente de florestas plantadas, sendo que, as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* são as mais empregadas. (IWAKIRI, et al., 2002). As indústrias utilizam as madeiras na forma de toras finas provenientes de desbastes ou, ainda, cavacos gerados a partir de reprocessamento de resíduos de serrarias e laminadoras. No entanto, estudos propõem que as sobras de processos de marcenaria e do setor moveleiro, assim como descartes de madeira da construção civil, também possam ser reutilizados como matéria-prima de painéis reconstituídos, incorporando-os juntamente à madeira de *Pinus* no processo industrial. (WEBER, 2011; AZAMBUJA, 2015).

As pesquisas com materiais alternativos à madeira virgem de reflorestamento, na produção de painéis aglomerados, já mostram a viabilidade destes materiais no processo produtivo e nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis gerados. Christoforo e Lahr (2013) afirmam que insumos, como os resíduos de diferentes origens, passaram a integrar o rol das potenciais matérias-primas para a oportuna substituição das partículas oriundas de árvores inteiras. A utilização dos citados insumos, além dos efeitos positivos na redução do consumo energético, também contribui para diminuir os impactos ambientais e disseminar a prática dos conceitos de sustentabilidade.

O aproveitamento de resíduos de produtos de madeira no final do seu ciclo de vida pode contribuir como insumo na indústria de painéis aglomerados no Brasil. Neste contexto, existe a demanda por estudos para viabilizar a utilização destes resíduos, tais como descartes de móveis, para produção de “novos” painéis de madeira reconstituída, no sentido de favorecer o melhor aproveitamento da matéria-prima, proporcionando maior valor agregado ao produto.

O uso de descarte de móveis para a produção de novos painéis aglomerados pode favorecer a implementação da logística reversa, prevista na lei ambiental 12.305, contribuindo para a redução do lixo urbano e do consumo de madeiras virgens provenientes de exploração florestal.

A inserção de descarte de móveis na produção de painéis aglomerados também pode contribuir na prática do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este mecanismo busca incentivar o desenvolvimento sustentável, a partir de soluções que reduzam as emissões de gases de efeito estufa. Portanto, o sequestro de carbono na madeira de descarte por mais um novo ciclo de vida do produto, bem como, a redução do corte de árvores plantadas, a redução do consumo de energia e a utilização de energia de fonte renovável, podem ser os benefícios do uso deste material de descarte na redução da poluição atmosférica.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta tese foi dividida em duas fases experimentais, para o cumprimento dos objetivos da pesquisa.

A primeira fase consistiu na produção de painéis aglomerados utilizando diferentes proporções de misturas de partículas de descarte de móveis e partículas industriais de *Pinus*, para avaliar a influência da quantidade de material de descarte nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

A segunda fase da pesquisa consistiu na avaliação dos efeitos de diferentes massas específicas e teores de resina em painéis aglomerados produzidos com partículas de descarte de móveis em mistura com partículas industriais de *Pinus*, para, assim, determinar o melhor tratamento que possa ser inserido na indústria de painéis.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 RECICLAGEM E REUSO DA MADEIRA

A reciclagem de madeira não é um tema novo, mas torna-se cada vez mais importante para a indústria de base florestal, tendo em vista o seu impacto positivo ao meio ambiente e à cadeia produtiva. A reciclagem de resíduos envolve a sua coleta, separação e a limpeza desses materiais, possibilitando que menos produtos novos sejam fabricados, economizando matéria-prima, insumos e contribuindo para redução do consumo de energia. (MICKLEBURGH; MAGIN 2003).

As razões pelas escolhas do descarte da madeira em aterros, ou a queima destes resíduos, justificam-se pelos custos reduzidos. No entanto, esta realidade tende a mudar, o que já acontece na União Europeia. O setor de partículas de madeira reciclada pode crescer muito, como produção de energia, produção de cama para cavalos (um mercado de U\$90 milhões por ano) e no mercado de jardinagem. (MICKLEBURGH; MAGIN 2003). Em 2011, no Reino Unido, os painéis de madeira foram o maior mercado para madeira reciclada. Os recicladores de madeira proporcionam uma enorme contribuição para o meio ambiente, desviando uma variedade de materiais que, de outra forma, iriam para aterros. (ROBERTS, 2012).

Aqui no Brasil, a lei 12.305, de 2010, instituiu a política nacional de resíduos sólidos, onde a destinação de resíduos evita danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizam os impactos ambientais adversos. Isto inclui a reintrodução dos resíduos na cadeia produtiva, a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação, o aproveitamento energético e ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAM), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA). Os resíduos sólidos são considerados como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade. (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2010).

No estado do Paraná, a lei 12.493, de 1999, sancionou que os resíduos sólidos urbanos, provenientes de residências, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, bem como os de limpeza pública urbana, deverão ter acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final adequados, nas áreas dos Municípios e nas áreas conurbadas, atendendo as normas aplicáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as condições estabelecidas pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). (PARANÁ, Assembleia Legislativa do Estado, 1999).

A prefeitura de Curitiba orienta que os móveis inservíveis em Curitiba, juntamente com resíduos provenientes de limpeza de jardim e podas de árvores, sejam coletados e levados para as empresas recicladoras, onde são triturados. O material triturado é vendido como biomassa para a queima. (CURITIBA. Prefeitura Municipal, 2012).

Na Europa, a legislação ambiental e o limitado suprimento de madeira têm motivado o desenvolvimento de tecnologias para processar móveis velhos e utilizar como matéria-prima para chapas de aglomerado e MDF (*Medium Density Fiberboard*). Algumas plantas novas consideram a cogeração de energia e têm estabelecido contratos com os fabricantes secundários (processadores das chapas de aglomerado e MDF), para receber o rejeito de madeira destes fabricantes e utilizá-lo como energia. Esta tendência é crescente, uma vez que a disposição de materiais com poder combustível, em aterros, está se tornando restrita. (SMITH, 2004).

Na maioria dos países da União Europeia, existem centros de coleta de móveis e lojas de segunda mão que destinam móveis antigos para novos fins e utilizações. O mobiliário antigo pode ser doado para os centros de coleta e distribuído. Com o reaproveitamento de móveis uma importante quantidade de madeira e painéis derivados de madeira deixam de ir para aterros. (MICKLEBURGH; MAGIN 2003).

A empresa *HaldField Recycles* recicla madeira em seus trituradores tomando cuidado com a limpeza e o tratamento de resíduos perigosos, usando o produto gerado para mais de vinte novos produtos sustentáveis. Como materiais que são aceitos para a produção das partículas estão: todas as madeiras macias e duras, paletes, caixas e embalagens, pisos, aglomerados e *Oriented Strand Board* (OSB), compensados, laminados, MDF e painéis de alta densidade. A empresa recicla madeira em produtos, incluindo roupas de cama animal, áreas de lazer, superfícies equestres, matéria-prima para painéis e leitos filtrantes, além de lascas de madeira como biomassa. (HOWARTH, 2003).

A utilização da madeira reciclada em painéis, especificamente para a produção de aglomerados de partículas, é um elemento essencial nos negócios da empresa *Sonae* no Reino Unido. Atualmente, existem nove unidades que produzem aglomerado, duas das quais também produzem MDF. A principal matéria-prima, para a produção de aglomerado de partículas de madeira reciclada, são embalagens de madeira. (EARL; WILSON; LANE, 2003).

Para Mickleburgh e Magin (2003) a principal possibilidade para a indústria da madeira pode ser o reprocessamento de resíduos de madeira a partir de móveis, embalagens, madeira de demolições, etc. Esta opção deve levar em consideração a viabilidade no aspecto técnico e econômico. A trituração de madeiras é uma das opções de gestão que tem um nível de utilização muito elevado, pois não é necessário qualquer equipamento especial além do utilizado em um fluxo normal de produção de aglomerados de partículas. Muitos produtores usam seus próprios resíduos e aparas, colocando-os de volta na linha de produção.

Sob o ponto de vista do processo produtivo, há de se considerar, na indústria de madeira aglomerada, a geração de resíduos e emissões. Os resíduos mais importantes são os resíduos sólidos de madeira, cujo correto gerenciamento evita a poluição do solo, rios e, até mesmo, da atmosfera, além de possibilitar retorno financeiro, na medida em que podem ser reaproveitados. Quanto às emissões atmosféricas, estas se manifestam basicamente em dois pontos do processo produtivo: 1. Na liberação dos gases de combustão durante a secagem das aparas de madeira, e, 2. Na liberação dos gases na etapa da prensagem dos painéis. (GARDNER, 2002).

2.2 A RECICLAGEM DE MADEIRAS EM CURITIBA E RMC

A coleta de móveis inservíveis, descartados pela população de Curitiba e Região Metropolitana (RMC), é realizada pela prefeitura e encaminhada para empresas recicladoras, onde o material é triturado, juntamente com resíduos de podas de árvores, descartes da construção civil, paletes e embalagens de madeira. As recicladoras produzem biomassa destinadas à queima. (CURITIBA. Prefeitura Municipal, 2012).

O material que chega no pátio da recicladora é manualmente classificado, separando plásticos, metais, espumas e demais componentes agregados à madeira. Após a classificação é realizada a picagem, onde rolos comprimem a madeira, fracionando-a em pedaços menores. Os metais presentes são removidos por um eletroímã (FIGURA 1).

FIGURA 1 – PROCESSO DE RECICLAGEM DA MADEIRA NA EMPRESA BYOCOM: ESTEIRA COM O ROLO TRITURADOR (A); ELETROÍMÃ (B) E PARTÍCULAS GERADAS (C)



(A)



(B)



(C)

FONTE: A autora (2015).

Os metais recolhidos durante o processo são classificados manualmente e destinados à venda para empresas de fundição (FIGURA 2).

FIGURA 2 – METAIS RECOLHIDOS DURANTE O PROCESSO DE RECICLAGEM DA MADEIRA



FONTE: A autora (2015).

Os cavacos produzidos são classificados em duas frações, médios e grossos. O último estágio é uma triagem realizada com ciclone que permite que materiais mais leves sejam aspirados e conduzidos às sobras do processo.

2.3 PAINÉIS AGLOMERADOS

Painel aglomerado, ou simplesmente aglomerado, é um painel produzido a partir de partículas de madeira distribuídas aleatoriamente, reconstituídas com a incorporação de um adesivo sintético e consolidadas através da aplicação de calor e pressão. (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993; IWAKIRI, 2005; IRLE et al., 2010).

As partículas podem ter várias formas e tamanhos e, o tipo de partícula, a densidade, a distribuição das partículas no painel, o tipo de resina e o processo produtivo, definem o painel produzido. (IWAKIRI, 2005; IRLE et al., 2010).

O painel aglomerado tem inúmeras vantagens em relação à madeira sólida, como a eliminação dos efeitos de anisotropia, a adequação das propriedades físicas e mecânicas, a eliminação de fatores redutores de resistência (como nós, lenhos juvenil e tardio), o controle das variáveis de processo (tais como, geometria das partículas, resina e densificação), a menor restrição das qualidades das toras de madeira e o menor custo de produção. (IWAKIRI, 2005). A principal fonte de matéria-prima para a produção de painéis aglomerados é a madeira de florestas plantadas. As espécies introduzidas, dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, revelam-se como matérias-primas de importância estratégica para o desenvolvimento da indústria de painéis de madeira no Brasil e em países que têm programas de florestamento com estas espécies. (KEINERT, 1993 apud DACOSTA, 2004).

No entanto, nos últimos anos, observa-se o envolvimento de um número mais expressivo de pesquisadores na busca de novos insumos, como os resíduos de diferentes origens, que passaram a integrar o rol das potenciais matérias-primas para a substituição das partículas oriundas de árvores inteiras, solução em desuso nos países com tecnologia mais avançada. (CHRISTOFORO; LAHR, 2013).

Diversos estudos utilizando algum tipo de resíduo de madeira na produção de painéis podem ser encontrados na literatura, como: Iwakiri et al. (2000); Czarnecki, Dziurka e Lecka (2003); Dacosta (2004); Bianche (2009); Santos et al. (2009); Setunge et al. (2009); Suffian et al. (2010); Almeida et al. (2012); Iwakiri et al. (2012); Trianoski et al. (2013); Weber (2011); Oliveira (2013); Torrell et al. (2013); Alves (2013); Longo (2014); Pierre et al. (2014); Azambuja (2015).

Iwakiri et al. (2000) em pesquisa com a utilização da madeira de *Eucalyptus maculata*, *E. grandis* e *E. tereticornis*, na forma de resíduos de processamento em serrarias, para produção de painéis de madeira aglomerada, obtiveram painéis com propriedades físico-mecânicas satisfatórias, em comparação com algumas espécies referenciais como *Pinus elliottii*, *Mimosa scabrella* e *Eucalyptus dunnii*.

No estudo de Czarnecki, Dziurka e Lecka (2003) com painéis aglomerados produzidos a partir de painéis de madeira reciclada, constatou-se que a inserção de até 50% de material reciclado não prejudica as propriedades físicas e mecânicas testadas.

Dacosta (2004) estudando painéis produzidos com resíduos de *Pinus elliottii* Engelm., oriundos do processamento mecânico da madeira, concluiu que usando as partículas do tipo maravalha, misturada com maiores percentagens de adesivo, e maiores densidades, obtêm-se chapas com qualidades satisfatórias.

Trianoski et al. (2013) avaliando as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados de *Acrocarpus fraxinifolius*, contendo diferentes percentuais de casca, concluíram que a espécie apresenta viabilidade técnica para produção de painéis e que a crescente adição de casca não afetou negativamente as propriedades físicas e mecânicas testadas.

Azambuja (2015) estudando painéis aglomerados produzidos com resíduos de construção e demolição, concluiu que adições de 25 a 50% de resíduos misturados com partículas industriais de *Pinus*, apresentam potencial para o uso na camada interna de painéis.

2.4 PROCESSO PRODUTIVO DE PAINÉIS DE MADEIRA AGLOMERADA

Iwakiri (2005) descreve a produção de painéis aglomerados na seguinte sequência: geração de partículas, secagem, classificação, aplicação de adesivo e de aditivos químicos, formação do colchão, pré-prensagem, prensagem a quente, resfriamento, acondicionamento, acabamento, classificação, embalagem e armazenamento.

Conforme Tsoumis (1991), Maloney (1993), Tafisa (2005) e Iwakiri (2005), a primeira fase do processo consiste na geração das partículas. A redução primária, isto é, a transformação de toras em cavacos é realizada, principalmente, por picadores de cilindro ou de disco. Maquinários como moinhos de corte, fragmentadoras, moinhos de impacto, moinhos de martelos e moinhos de atrito, são utilizados para a transformação de cavacos em partículas menores. A matéria-prima (madeira na forma de toras, maravalha, cavacos, resíduos de madeira, serragem, entre outros) é classificada por tipo, teor de umidade e espécie.

Para a geração das partículas deve-se garantir o constante suprimento de matéria-prima, avaliar o teor de umidade da madeira e a remoção da casca. Nesta etapa, serão definidas as dimensões das partículas e, por conseguinte, a razão de esbeltez, que é a relação entre o comprimento e a espessura das partículas. (IWAKIRI, 2005).

O passo seguinte é a secagem das partículas, normalmente realizada por secadores do tipo tambor rotativo contínuo. A secagem ocorre até um teor de umidade baixo, em torno de 3%, de forma homogênea, conforme a definição do tipo de adesivo. O teor de umidade exerce grande influência sobre a cura da resina, o tempo de prensagem e a pressão necessária para a consolidação do painel. (IWAKIRI, 2005; IRLE et al., 2010).

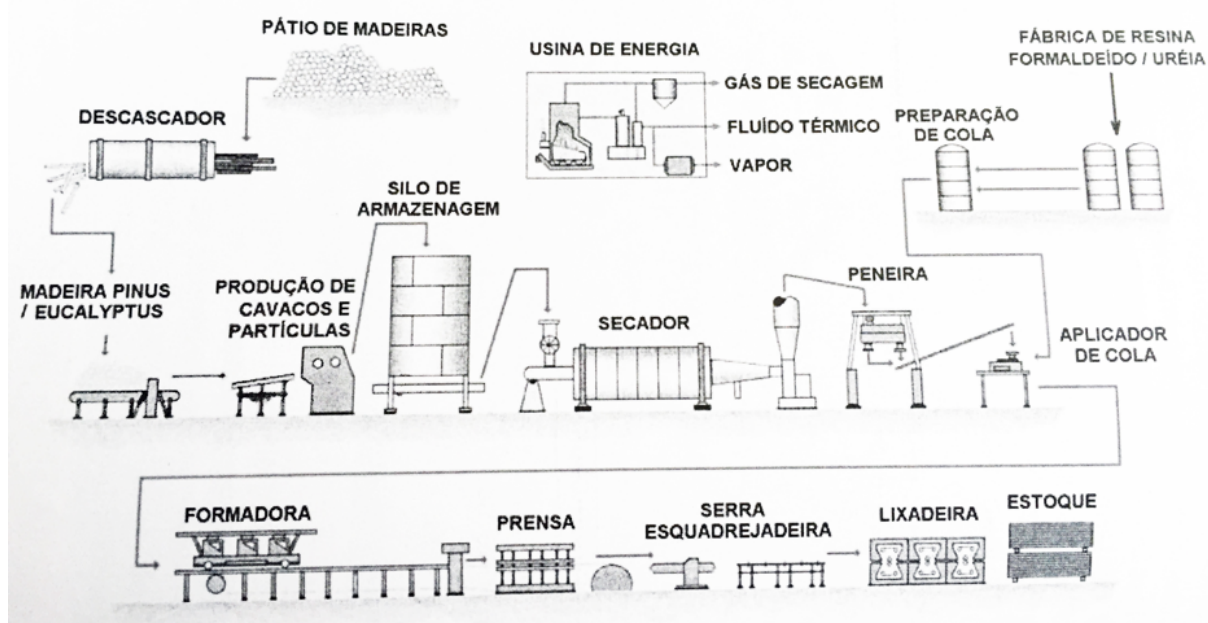
As partículas secas são classificadas em quatro diferentes tipos: *oversize*, camada interna, camada externa e finos. As partículas *oversize* são direcionadas aos moinhos para redução de sua granulometria, retornando depois ao processo. O pó geralmente é aproveitado em uma planta para geração de energia. (SANTOS ANDIRÁ, 2009 apud LONGO, 2014). O material referente às camadas internas e externas do painel é transportado até as encoladeiras, onde se misturam resina, emulsão de parafina, catalisador e água, se houver necessidade. (CHIPANSKI, 2006).

O material segue para a estação formadora do colchão de partículas. O colchão é compactado na pré-prensa para reduzir sua altura, melhorar a sua consistência e facilitar o processo de carregamento para a posterior prensagem à quente. A prensagem é responsável pela cura da resina, pela densificação e pela consolidação do painel, até a espessura final desejada. Quanto aos sistemas de prensagem, estes podem ser de pratos e contínuos. (IWAKIRI, 2005). Conforme Maloney (1993) a prensagem contínua permite o aumento de velocidade da linha, evitando tempos improdutivos de carregamento, descarregamento, fechamento e abertura das prensas convencionais.

Após a prensagem e resfriamento, os painéis são empilhados, por um período de 48 horas, para atingirem a temperatura e a umidade de equilíbrio. Só então, são esquadrejados, em dimensões comerciais, e seguem para o acabamento, onde são lixados para padronizar a espessura e obter melhor superfície. (IWAKIRI, 2005).

A FIGURA 3 mostra um fluxograma básico do processo produtivo de painéis de madeira aglomerada.

FIGURA 3 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS



FONTE: Iwakiri (2005).

2.5 MATÉRIA-PRIMA

Segundo Maloney (1993), a espécie de madeira implicará em influências positivas e negativas no produto final. A qualidade e as características da partícula variam em relação ao tipo de madeira, interagindo com todas as outras variáveis no processo e determinando as propriedades do painel.

As espécies de madeira apresentam grande variabilidade na sua estrutura anatômica, de modo que algumas acabam sendo mais adequadas para a produção de painéis do que outras. A influência das espécies na qualidade das partículas geradas pode interferir na quantidade de adesivo requerida, nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis e no acabamento de suas superfícies, entre outros impactos. (IWAKIRI, 2005; IRLE et al., 2010).

A principal fonte de madeira para a produção de painéis aglomerados no Brasil é proveniente de florestas plantadas, sendo que, as espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* são as mais empregadas. (IWAKIRI et al., 2002). As indústrias utilizam as madeiras na forma de toras finas provenientes de desbastes, ou ainda, cavacos gerados a partir de reprocessamento de resíduos de serrarias e laminadoras.

Atualmente na Europa, 95% do material ligno-celulósico empregado na produção de painéis aglomerados é madeira, o restante são culturas sazonais, como o linho, bagaço, palha e cereal. (IRLE et al., 2010). Torrell et al. (2013) também afirmam que é possível utilizar qualquer espécie de madeira, ou mesmo outras fontes de fibras para a fabricação de painéis aglomerados, sendo, em geral, utilizadas em pequenas proporções misturadas às partículas de madeira.

Estima-se que, na Europa Ocidental, cerca de 70% dos aglomerados são fabricados com a utilização de resíduos de madeira; cerca de 10% dos aglomerados são produzidos a partir da pós-utilização da madeira (móveis usados e madeira utilizada como decoração de interiores). (CZARNECKI; DZIURKA; LECKA, 2003).

A produção de painéis com madeira reciclada apresenta uma série de problemas técnicos, que são, normalmente, devido aos problemas de contaminação física do material reciclado, especialmente com pedras e metais. A madeira reciclada é descontaminada em diversos pontos do processo para remover impurezas. Pedras e metais são removidos através de sistemas de separação de densidade; ímãs são utilizados para remover os metais ferrosos. Metais não ferrosos, tais como chumbo, alumínio e cobre, são removidos com sistema de ciclone. Pequenos itens, tais como areia e cascalho, são removidos utilizando tecnologias de sistemas de separação de densidade. (EARL; WILSON; LANE, 2003).

Mickleburgh e Magin (2003) relatam que a madeira reciclada, que inclui painéis de madeira (OSB, aglomerado, painéis de madeira maciça), móveis velhos e paletes, pode trazer alguns problemas para a produção de painéis. Os autores citam como possíveis problemas: as diferentes densidades entre as partículas e a geometria diferente das partículas resultantes do processo de redução, pois as partículas de resíduos de madeira serão mais irregulares. Os problemas também podem aparecer em relação à colagem, à prensagem e às propriedades físicas e mecânicas dos painéis. Outros fatores que influenciam o uso de madeiras recicladas na fabricação de painéis são a necessidade de maior quantidade de adesivo, alguns problemas por causa do elevado teor de resina e, finalmente, a triagem de materiais como madeiras, plásticos e metais.

2.6 VARIÁVEIS QUE INTERFEREM NAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

Dentre as variáveis que influenciam as propriedades dos painéis destacam-se: a espécie, a massa específica, o pH e os extrativos da madeira, a densidade do painel, a razão de compactação, a geometria das partículas, o teor de umidade, o tipo e a proporção de resina, o método de formação do colchão e os parâmetros de prensagem. (MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993; BRITO et al., 2005).

2.6.1 Variáveis relativas à madeira

a) massa específica da madeira e dos painéis

A massa específica consiste na variável mais importante para a escolha da espécie a ser empregada na produção de painéis. (MALONEY, 1993). As propriedades físicas e mecânicas dos painéis, assim como e os parâmetros do processo, são afetados por esta variável. (KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974; MALONEY, 1993).

Madeiras de coníferas e de folhosas, de baixa a média densidades, são as mais favoráveis para a produção de painéis. Densidades entre 0,40 e 0,60 g/cm³ são as mais indicadas. (TSOUMIS, 1991). No entanto, deve-se considerar a relação entre a densidade do painel e a densidade da madeira, pois a razão de compactação entre 1,3 e 1,6 é considerada a faixa ideal para o processo de densificação e consolidação do painel até a espessura final, refletindo nas propriedades da chapa. (MALONEY, 1993). Logo, madeiras mais densas diminuem a razão de compactação, prejudicando as propriedades do painel.

A densidade dos painéis também exerce considerável influência sobre as propriedades físicas e mecânicas. Stewart e Lehmann (1973), Hse (1975) citado por Kelly (1977) já mencionavam o aumento das propriedades do MOR (módulo de ruptura) e MOE (módulo de elasticidade) em decorrência do aumento da densidade do painel. Todavia, estes valores decresciam com o aumento da densidade da madeira, ou seja, quando a razão de compactação diminuía.

Quanto à estabilidade dimensional, estudos mostram que o painel mais denso absorve menos água, enquanto que o seu inchamento em espessura aumenta. (ROFFAEL e RAUCH, 1972 apud ALBUQUERQUE, 2002). O painel mais denso, devido a menor porosidade e maior quantidade de massa lenhosa e ligações interpartículas, resulta em uma penetração de água mais lenta. (VITAL et al., 1974 apud KELLY, 1977). Quanto ao inchamento, a maior quantidade de material lenhoso resulta na maior liberação de tensões de compressão impostas durante o processo de prensagem. (MOSLEMI, 1974).

b) extrativos

Os extrativos são substâncias que se depositam nos lúmens das células e em suas paredes. Eles são compostos por várias substâncias químicas, como resinas, açúcares, óleos, alcaloides e taninos. A proporção de extrativos varia muito, não somente entre as espécies, mas, também, dentro de uma mesma árvore, principalmente entre cerne e alburno. (TSOUMIS, 1991).

Conforme Moslemi (1974) e Kollmann, Kenzi e Stamm (1975), o elevado teor de extrativos pode prejudicar o processo de polimerização da resina e afetar a resistência à adesão interna. Os extrativos nas superfícies empobrecem o umedecimento do adesivo, prejudicando sua penetração e fluxo. Outra influência é que os extrativos podem alterar o pH na superfície da madeira. (ALBINO; MORI; MENDES, 2012).

c) pH

As resinas de base ureia-formaldeído, usadas na maioria da produção mundial de aglomerados, são muito dependentes do pH do ambiente no qual curam. O pH influi na fixação de preservantes químicos, na aplicação de tintas e vernizes, e na cura de resinas. (ALBIN, 1975).

De acordo com Moslemi (1974), normalmente, o intervalo de pH para a madeira está situado entre 3,0 e 6,0. Kollmann (1959) descreve a madeira como tendo uma variação de pH entre 3,3 e 6,5.

Para Irle et al. (2010) espécies de pH neutro podem não curar a resina suficientemente, enquanto espécies mais ácidas podem acarretar em uma pré-cura da resina. Neste caso, o painel pode ficar fraco e quebradiço, isto porque a cura do adesivo ocorre antes das partículas serem comprimidas e, no momento da prensa fechar, as ligações da resina são quebradas.

Para os mesmos autores, o pH da matéria-prima não é, normalmente, um problema, se ele permanece razoavelmente constante, mas, se flutua, então as quantidades de tampões e catalisadores adicionados aos adesivos teriam de ser continuamente alteradas, para se adequar a madeira em uso. Além disso, a capacidade de tampão de pH e a madeira podem mudar com o tempo e as condições de armazenamento.

2.6.2 Variáveis relativas ao processo

a) geometria das partículas

As propriedades de compósitos de madeira podem ser manipuladas, em certa medida, ajustando a geometria da partícula. Importantes características derivam da geometria das partículas, como o índice de esbeltez, a razão de planicidade e área superficial específica. (MALONEY, 1976). O índice de esbeltez é calculado dividindo o comprimento da partícula pela espessura e, algumas características dos painéis, como as propriedades mecânicas e dimensionais, características de superfície e usinabilidade, são atribuídas a este índice. (IWAKIRI, 2005).

Para a maioria das propriedades, as partículas longas e finas são melhores. No entanto, para a melhor qualidade da superfície, as partículas pequenas são melhores. É por isso que a maioria dos fabricantes usam as partículas finas para as camadas superficiais e as partículas maiores para o núcleo do painel. (IRLE et al., 2010).

A razão de esbeltez ideal, para painéis estruturais, pode variar na faixa de 120 a 200 para as camadas superficiais, e 60 para as partículas de camada interna. (IWAKIRI, 2005).

Iwakiri (2005) ainda acrescenta que a geometria das partículas apresenta interações diretas com duas variáveis do processo: a área de contato entre as partículas e o consumo relativo de resina (disponibilidade de resina por unidade de área das partículas). Matos (1988) também comenta que a geometria das partículas afeta a transferência de calor através da espessura do painel submetido à prensagem.

Tsoumis (1991) exemplifica que o módulo de ruptura e o módulo de elasticidade em flexão estática foram reduzidos com o aumento da espessura, mas aumentaram com o aumento do comprimento das partículas. A largura não tem influência substancial sobre as propriedades, mas pode afetar o fluxo de partículas durante a produção, a uniformidade do painel, a textura e a suavidade da superfície.

b) teor de umidade das partículas e do colchão

O teor de umidade das partículas é um dos fatores mais importantes para a produção de painéis de madeira aglomerada. Para Iwakiri (2005), o teor de umidade das partículas exerce influência sobre a cura da resina, tempo de prensagem e pressão necessária para a consolidação do painel.

O teor de umidade influi diretamente nas propriedades de colagem e na própria densidade da chapa, visto que o peso de partículas é calculado com base na umidade desejada. (HILING, 2000 apud DACOSTA, 2004).

Segundo Torrell et al. (2013) o teor de umidade influencia diretamente na determinação da massa específica a granel. O teor de umidade também influencia no teor de umidade do colchão e no tempo de prensagem, portanto, as partículas devem ser secas ao teor de umidade médio de 3%, para a produção dos painéis. (IWAKIRI, 2005).

O teor de umidade das partículas, utilizadas para a produção de painéis aglomerados, varia entre 3 e 6%. (MOSLEMI, 1974; KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; IWAKIRI, 1989; TSOUMIS, 1991; VITAL; HASELEIN; DELLA LUCIA, 1992; MALONEY, 1993). Para Irle et al. (2010) a umidade pode estar entre 2 e 8%.

Partículas com umidade em excesso podem acarretar em problemas para o painel. A umidade residual pode ser convertida em vapor na fase de prensagem a quente e, o excesso de vapor, pode delaminar o painel ao abrir a prensa, devido à liberação repentina da pressão e do vapor. (IRLE et al. 2010). Por outro lado, partículas com baixo teor de umidade poderão acarretar em perigos de combustão e incêndio no secador. (IWAKIRI, 2005).

O teor de umidade do colchão é responsável pela migração do calor entre as partículas de madeira da superfície para o centro do painel, desempenhando um papel importante, também, para a cura da resina. Quando a umidade das camadas superficiais do painel é vaporizada, pelo contato com os pratos aquecidos da prensa, este vapor migra para o miolo do painel e, desta forma, a resina reage mais facilmente. No caso da formação de painéis aglomerados, a principal transferência de calor se faz pela convecção, que consiste na movimentação do vapor aquecido, seguido pela condução, que se resume na transmissão de calor pelo contato entre as partículas de madeira. (STRICKLER, 1959 apud ALBUQUERQUE, 2002).

A umidade do colchão em excesso, ao migrar para as camadas internas do painel, impõe um ciclo de prensagem muito mais longo, a fim de eliminar essa umidade pelas bordas. (KELLY, 1977). No entanto, proporciona uma redução da pressão específica necessária, uma vez que a água se vaporiza durante a prensagem a quente, tornando as fibras plásticas. (MATOS, 1988; ELEOTÉRIO 2000).

c) resina

A adesão das partículas é usualmente feita usando ureia-formaldeído (UF) para painéis de uso interno, como móveis, e fenol-formaldeído (FF) para painéis externos e estruturais.

O adesivo é aplicado em solução aquosa, contendo 35-60% de água e 40-65% de sólidos da resina. A quantidade de resina a ser aplicada é definida pelo peso seco das partículas de madeira: 6-7% de sólidos para 100g de madeira seca. (TSOUMIS, 1991).

Tsoumis (1991) e Irle et al. (2010) comentam que painéis multicamadas, usando resina UF, possuem um teor de sólidos variando de 8 a 14% nas camadas externas e de 4 a 8% no miolo do painel.

As diferenças de teor de resina se devem ao fato de que as camadas externas são formadas por partículas menores e, por consequência, possuem maior área superficial específica e, as partículas da camada interna, são maiores, isto é, com menor área superficial específica. (IWAKIRI, 2005). Partículas menores absorvem 5 vezes mais resina do que as partículas maiores. (IRLE et al., 2010).

O aumento no teor de resina reduz a higroscopicidade e, por conseguinte, melhora a estabilidade dimensional. (TSOUMIS, 1991). Entretanto, segundo Kelly (1977) e Moslemi (1974), acima de um determinado nível, o aumento no teor de resina não mais melhora a ligação, pois apenas eleva o recobrimento da partícula com a resina.

O aumento do teor de resina também causa um incremento nas propriedades mecânicas. (MOSLEMI, 1974). Para a adesão interna e o módulo de ruptura de painéis reconstituídos, estes são influenciados pela distribuição da resina. (SCHWARTZ, et al. 1968).

d) parafina e outros aditivos

A parafina forma uma película de proteção nas partículas, reduzindo a higroscopicidade da madeira. (IWAKIRI, 2005). Sua adição ao processo de fabricação de painéis aumenta a resistência à umidade e reduz o inchamento em espessura, proporcionando maior estabilidade dimensional. (HEEBINK, 1967; CRAIGHEAD, 1991).

Normalmente, a adição de parafina é de 0,3 a 1% de sólidos, com base no peso seco de partículas (USDA, 1999). A maior eficiência da parafina é obtida em um tempo de prensagem mais longo. (IRLE et al., 2010).

Com o uso da resina ureia-formaldeído utiliza-se um catalisador que acelere o seu tempo de cura. O uso destes agentes reduz o pH da resina, tornando o meio mais ácido. Normalmente, os catalisadores mais utilizados são sulfato de amônia e cloreto de amônia. (IWAKIRI, 2005).

Juntamente com o adesivo, o catalisador e a parafina, outros produtos podem ser incorporados ao processo produtivo de painéis, tais como, retardantes de fogo (fosfato de amônia, ácido bórico, bromato de amônia) e produtos preservantes contra fungos e insetos (produtos a base de boro e a base de piretróides). A base destes produtos pode variar de 0,25 a 2,5%, com base no peso seco das partículas. (IWAKIRI, 2005).

e) parâmetros de prensagem

Durante a prensagem diversos parâmetros deverão ser considerados: o tempo, a temperatura, a pressão, a velocidade de fechamento da prensa e o teor de umidade do colchão. (MOSLEMI, 1974; KOLLMANN; KENZI; STAMM, 1975; MATOS, 1988; IWAKIRI, 1989; MALONEY, 1993).

O tempo de prensagem é o tempo transcorrido a partir da consolidação do colchão de partículas em sua espessura final, até o momento de abertura dos pratos da prensa. (MATOS, 1988; IWAKIRI, 1989). De acordo com Marra (1992), o tempo de prensagem deve ser suficiente para que o interior do painel alcance a temperatura necessária para a polimerização da resina.

O tempo de prensagem é definido em função da espessura da chapa, da umidade do colchão e da temperatura de prensagem. (IWAKIRI, 2005). Exercendo influências significativas sobre as propriedades dos painéis, controle de espessura e qualidade de superfície do painel. (MARRA, 1992).

A função da temperatura de prensagem é acelerar a polimerização e a cura da resina, distribuída entre as partículas, como também, de reduzir a resistência da madeira à compressão, facilitando a consolidação do colchão. Normalmente, a resina ureia-formaldeído necessita de uma temperatura em torno de 180°C. (MATOS, 1988; IWAKIRI, 2005).

De acordo com Iwakiri (1989), quanto mais elevada a temperatura de prensagem, maior será o fluxo de vapor. Isto impacta na melhor densificação das camadas mais internas dos painéis, o que resulta em resistência mais elevada em ligação interna, mas uma reduzida resistência em flexão estática. Uma maior temperatura da prensa também resultará em um menor tempo de prensagem.

A aplicação de uma pressão mínima é necessária para densificar e consolidar o painel até a espessura final desejada, assegurando também um contato superficial adequado entre as partículas de madeira. (KELLY, 1977; MOSLEMI, 1974). A pressão está relacionada à área de contato entre as partículas (quanto maior a área, maior a pressão requerida), à densidade do painel (quanto maior a densidade, maior será a pressão necessária), ao controle de espessura do painel, à transferência do adesivo entre a superfície das partículas e ao tempo de fechamento da prensa. (IWAKIRI, 2005). Para o mesmo autor, a pressão pode variar entre 12 a 40 kgf/cm², em função do grau de densificação do material.

O tempo de fechamento da prensa influencia o gradiente vertical de densidade do painel. (KELLY, 1977). Quanto menor este tempo, maior será a densificação das camadas superficiais em relação às camadas internas. Isto resulta em painéis com maior resistência à flexão estática, por outro lado, a ligação interna do painel é menor. (IWAKIRI, 2005).

2.7 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS PAINÉIS AGLOMERADOS

As principais propriedades físicas e mecânicas dos painéis aglomerados são baseadas na Norma Europeia (EN) e a na Norma Brasileira (NBR) e, basicamente, incluem os seguintes ensaios, conforme a ABNT NBR 15316-1 (2006):

- Massa específica: apresenta o resultado do quociente entre a massa e o volume de um corpo de prova, considerando a umidade de equilíbrio.
- Absorção de água: verifica o aumento percentual da massa que um corpo de prova apresenta após sua imersão em água a $(20 \pm 1^\circ\text{C})$ pelo tempo de 2 e 24 h ± 3 min.
- Inchamento em espessura: verifica o aumento percentual, em espessura, que um corpo de prova apresenta após sua imersão em água $(20 \pm 1^\circ\text{C})$ pelo tempo de 2 e 24 h ± 3 min.
- Teor de umidade (TU): porcentagem de água eliminada do corpo de prova, sob temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até obter-se massa constante.

- Resistência à flexão estática: resistência que um corpo de prova, apoiado em suas extremidades, oferece quando uma força é aplicada em seu centro até o momento da sua ruptura. Os resultados deste ensaio são apresentados como módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR).
- Resistência à tração perpendicular ou ligação interna: resistência que um corpo de prova oferece sob a ação de uma força de tração aplicada perpendicularmente a sua superfície até o momento da ruptura.
- Arrancamento de parafuso na superfície e no topo: resistência que um corpo de prova oferece quando uma força de tração é aplicada no parafuso fixado na superfície ou no topo deste corpo de prova, até a sua remoção.

A norma NBR 14810-2 define, como requisito, o valor máximo de 8% para o inchamento em espessura, após 2 horas de imersão em água. A EN 312:2003 define em 15% o valor máximo de inchamento em espessura, após 24h de imersão. Não constam valores, nas referidas normas, para os ensaios de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão. Para os ensaios de arrancamento de parafusos, a norma NBR 14810-2 define, como requisito mínimo, o valor de 1.020 N para o arrancamento de parafuso na superfície e o valor de 800 N, para o arrancamento de parafuso no topo.

Na TABELA 1 estão apresentados os requisitos mínimos para painéis aglomerados destinados ao uso interno e móveis, conforme a norma EN 312 (2003).

TABELA 1 – REQUISITOS DE RESISTÊNCIA MÍNIMA DA NORMA EN 312 (2003) PARA PAINÉIS DE INTERIORES

PROPRIEDADES	UNIDADE	REQUERIMENTOS			
		FAIXA DE ESPESSURAS (mm)			
		4-6	6-13	13-20	20-25
MOR	MPa	14	13	13	11,5
MOE	MPa	1.950	1.800	1.600	1.500
LI	MPa	0,45	0,4	0,35	0,3

FONTE: Adaptada da EN 312 (2003).

NOTA: MOR: Módulo de ruptura; MOE: Módulo de elasticidade; LI: Ligação interna.

FASE 1– PRODUÇÃO DE PAINÉIS AGLOMERADOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS COM PARTÍCULAS INDUSTRIAIS DE *PINUS* spp

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Este capítulo tem como objetivo avaliar o uso de partículas de descarte de móveis em diferentes proporções de misturas com partículas industriais de *Pinus* spp. para a produção de painéis aglomerados.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar a caracterização química e física das partículas empregadas neste estudo.

Avaliar a influência de diferentes proporções de misturas de partículas de descarte de móveis e *Pinus* spp. na qualidade de painéis aglomerados, por meio dos ensaios de propriedades físicas e mecânicas.

Comparar os resultados obtidos com os requisitos propostos pelas Normas EN e NBR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DO MATERIAL

2.1.1 Partículas de descarte de móveis

Os móveis descartados, destinados à produção de painéis aglomerados, foram coletados no bairro Bacacheri, localizado na região nordeste de Curitiba. Constituíam-se, basicamente, de móveis de dormitórios, armários com gavetas e peças de móveis avulsas, como tampos, portas e prateleiras. Os materiais continham, também, ferragens metálicas e plásticas, bem como elementos de fixação, como dobradiças, suportes de prateleiras, puxadores, pregos, parafusos e grampos. Áreas com inchamento, devido à umidade, podridão ou com ataques de agentes xilófagos, não foram excluídas do processo seletivo. O material selecionado não estava úmido, não ficou exposto a intempéries e não apresentava contato com resíduos orgânicos, pois foi coletado no mesmo dia do descarte.

Aproximadamente, 100 kg de móveis descartados foram coletados, possuindo diferentes acabamentos, como pinturas, lâminas de madeira, lâminas plásticas, papéis decorativos BP (película de melamina) e FF (*finish foil*). Os móveis eram constituídos de painéis aglomerados, MDF, chapas duras, compensados e madeira sólida de folhosas e de *Pinus*, usadas em estrados de camas, estruturas de apoio e molduras em geral (FIGURA 4).

FIGURA 4 - TRANSPORTE DE MÓVEIS DESCARTADOS (A) E ESTEIRA DE ALIMENTAÇÃO DO TRITURADOR DA EMPRESA RECICLADORA (B)



(A)



(B)

FONTE: A autora (2015).

O material foi transformado em cavacos, por meio de um triturador industrial da empresa Byocom, localizada no bairro Umbará, Município de Curitiba, e um eletroímã retirou os metais fixados à madeira. Materiais plásticos, como fitas de borda e componentes de fixação, foram triturados e mantidos no processo. O processo foi repetido duas vezes para a completa eliminação de metais e redução do tamanho dos cavacos (FIGURA 5).

Após a trituração, o material foi encaminhado para o Laboratório de Painéis de Madeira da UFPR.

FIGURA 5 - CAVACOS DE MÓVEIS DESCARTADOS APÓS A PRIMEIRA TRITURAÇÃO



FONTE: A autora (2015).

2.1.2 Partículas de *Pinus* spp

A empresa Berneck Aglomerados S.A., localizada em Araucária, forneceu as partículas secas de *Pinus* spp. O material particulado, obtido diretamente da linha de produção da Empresa, era destinado à camada interna dos painéis, caracterizado como partículas grossas.

2.1.3 Resina, catalisador e parafina

A resina ureia-formaldeído, o catalisador sulfato de amônia – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e a parafina, utilizados para a manufatura dos painéis, foram provenientes da linha de produção de aglomerado da empresa Berneck SA.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Preparação das partículas

Os cavacos de descartes de móveis e as partículas industriais de *Pinus* foram processadas no moinho de martelos, utilizando peneiras com malhas de 18 e 12 mm.

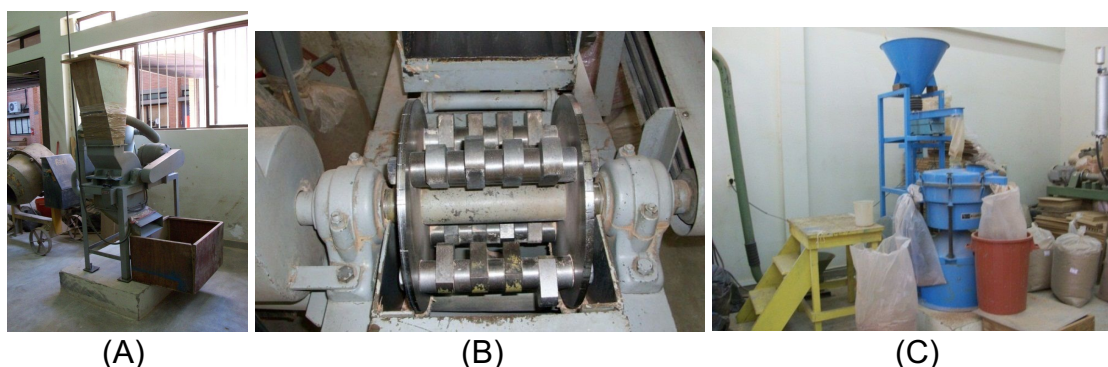
Após a passagem das partículas pelo moinho, utilizou-se um classificador automático, com peneiras de 8, 14 e 30 *mesh*, para separar a granulometria usada para a confecção dos painéis e para a remoção dos finos. As partículas de maior granulometria, retidas na peneira 8 *mesh*, foram reprocessadas no moinho de martelos e, em seguida, reclassificadas.

As partículas, retidas na peneira 14 *mesh*, foram secas em estufa a 103°C até atingir o teor de umidade médio de 3%. Optou-se pela secagem das partículas de descarte de móveis após o processo de classificação porque, desta maneira, produzia-se menos finos durante a moagem no moinho de martelos. O material classificado, para a produção de painéis, foi armazenado em embalagens plásticas, para evitar a absorção da umidade do ambiente. Antes da manufatura dos painéis, foi efetuada nova verificação e a manutenção do teor de umidade das partículas.

Destaca-se que, durante a preparação das partículas de descarte de móveis, não foram encontrados metais ou pedras.

A FIGURA 6 apresenta o moinho de martelos e o classificador.

FIGURA 6 - MOINHO DE MARTELOS (A), PARTE INTERNA DO MOINHO DE MARTELOS (B) E CLASSIFICADOR DE PENEIRA UTILIZADO PARA RETIRADA DE FINOS DAS PARTÍCULAS (C)



FONTE: Weber (2011).

Na FIGURA 7 pode-se observar as partículas de descarte de móveis que passaram nas malhas 18 mm e 12 mm do moinho de martelos.

FIGURA7 - PENEIRAS DO MOINHO DE MARTELOS COM RESPECTIVAS PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS: MALHA 18 mm (A) E MALHA 12 mm (B)



FONTE: A autora (2015).

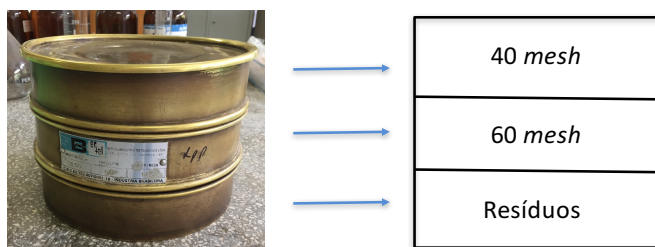
2.2.2 Propriedades químicas e físicas das partículas

Os ensaios para a determinação do pH, teor de umidade e extrativos totais, das partículas de descarte de móveis e das partículas industriais de *Pinus* spp., foram realizados no Laboratório de Química da Madeira da UFPR.

Aproximadamente, 20 gramas de cada amostra de partículas foram moídas no Moinho de facas tipo *Willey*. O material foi classificado em peneiras manuais, conforme a ordem ilustrada na FIGURA 8.

A serragem utilizada para os ensaios foram as retidas na peneira de 60 *mesh*, conforme a Norma TAPPI 264 cm-97.

FIGURA 8 – MALHAS DAS PENEIRAS DO CLASSIFICADOR MANUAL UTILIZADO PARA A DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PARTÍCULAS



FONTE: A autora (2016).

2.2.2.1 Teor de umidade

O teor de umidade das amostras, para a produção de painéis, foi determinado através de uma balança de aquecimento por infravermelho.

O teor de umidade, para a análise química das partículas, foi determinado colocando-se as amostras dos materiais em estufa na temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, até obter massa constante na pesagem.

2.2.2.2 Massa específica a granel

A massa específica a granel das partículas de descarte de móveis e das partículas industriais de *Pinus* spp. foram mensuradas através da metodologia adaptada da NBR 6922 (ABNT, 1983), conforme estudo realizado por Azambuja (2015).

As partículas, com teor de umidade previamente determinado, foram depositadas, sem esforço, com pequenas agitações, até preencher o volume de 1L de uma proveta e, posteriormente, pesadas em balança analítica. No total, 10 repetições do processo foram realizadas para a determinação das massas específicas a granel das partículas empregadas na produção dos painéis.

2.2.2.3 pH

Para a determinação do pH dos diferentes materiais foi efetuada adaptação da Norma TAPPI 252 om-02. Aproximadamente, 2 gramas secos de serragem, de ambas as partículas, foram pesadas e transferidas para um erlenmeyer, com 100 ml de água destilada, ficando sob fervura durante 1 hora em banho-maria. As medições de pH foram efetuadas em pHmetro digital, no intervalo de 2 e 24 horas após o esfriamento das soluções em temperatura ambiente.

2.2.2.4 Teor de extrativos totais

A determinação do teor de extrativos totais (Tet) seguiu as recomendações da norma TAPPI 204 cm-97. Pesou-se 2 gramas de serragem em balança analítica para três repetições por amostra. Os materiais foram transferidos para os cartuchos de extração e encaminhados para o extrator Soxhlet. Os cartuchos, com as respectivas amostras, foram submetidos à extração em solução 1:2 de etanol-tolueno por 6 horas, onde terminado o período, recuperou-se a solução, e aguardou-se a evaporação do solvente. O mesmo procedimento ocorreu para a extração em etanol 95%, onde as amostras ficaram por 4 horas na bancada de extração.

Os materiais foram transferidos para um erlenmeyer de 1 litro, com 500 ml de água destilada em ebulição, onde permaneceram em banho-maria por 1 hora. Após este período, as amostras foram filtradas em cadinhos, devidamente secos e identificados, e secas em estufa por 24 horas, para posterior pesagem.

2.2.3 Avaliação dos parâmetros da qualidade da resina

A qualidade da resina foi avaliada de acordo com a adaptação da Norma ASTM-D-1518-60:1994 e considerou os seguintes parâmetros:

a) pH

O pH médio da resina foi determinado através do método potenciométrico, utilizando-se um eletrodo de pH, calibrado em solução tampão de 7, 4 e 10.

b) densidade

A densidade da resina foi determinada pela relação massa e volume, pesando um picnômetro com 100 ml de resina.

c) viscosidade

A viscosidade da resina foi determinada através de um viscosímetro Brookfield.

d) teor de sólidos

O teor de sólidos da resina foi determinado após evaporação dos componentes voláteis em 1 g de resina após secagem em estufa a 105°C por 3 horas.

2.2.4 Delineamento experimental

O plano experimental consistiu de seis tratamentos, com mistura de 10%, 25%, 50% e 75% de partículas de descartes de móveis complementadas com partículas industriais de *Pinus*, além de 100% de partículas de cada um destes materiais, conforme apresentado na TABELA 2.

TABELA 2 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL – FASE 1

Tratamento	Material	%	Densidade (g/cm ³)	Resina %	Parafina %	Catalisador %	Umidade %	Prensagem	Repetições
T1	Descarte de móveis	10	0,7	10	1	2	3	10 min 140°C 40 kgf/cm ²	3
T2		25							
T3		50							
T4		75							
T5		100							
T6	Pinus	100							

FONTE: A autora (2015).

2.2.5 Quantificação do material

O cálculo do material considerou, primeiramente, as dimensões do painel com $380 \times 500 \times 13$ mm e o seu peso, ponderando-se a massa específica nominal desejada ($0,7 \text{ g/cm}^3$), a umidade de equilíbrio de 12%, o teor de 10% de resina ureia-formaldeído (base peso seco das partículas) e 1% de emulsão de parafina.

Calculou-se a quantidade de partículas de descarte de móveis e *Pinus*, conforme os tratamentos, com teor de umidade de 3%. A quantidade de resina líquida e o catalisador foram calculados considerando o teor de sólidos de 66% e de 25%, respectivamente, e sua porcentagem aplicada à resina. Por último, calculou-se a parafina, considerando o seu teor de sólidos de 67%.

2.2.6 Produção dos painéis

Após a pesagem do material, conforme o plano apresentado no delineamento experimental (TABELA 2), a emulsão de parafina e a resina misturada ao catalisador foram aplicados às partículas, com o auxílio de uma pistola, em uma encoladeira rotativa (FIGURA 9 A).

O material encolado foi pesado e distribuído em uma caixa formadora, nas dimensões de 38×50 cm, aplicando-se uma pré-prensagem manual. Utilizou-se placas de alumínio nas superfícies, para evitar o contato direto do colchão com os pratos quentes da prensa, e espaçadores metálicos, para limitar a espessura do painel durante a prensagem (FIGURA 9 B e C).

Os painéis foram prensados à temperatura de 140°C , pressão específica de 40 kgf/cm^2 e tempo de prensagem de 10 minutos. Após a prensagem, os painéis foram esquadrejados e acondicionados em câmara climática, com temperatura de $20 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $65 \pm 5\%$, até a estabilização do teor de umidade (FIGURA 9 D, E e F).

FIGURA 9 - PRODUÇÃO DOS PAINÉIS AGLOMERADOS: ENCOLADEIRA (A); CAIXA FORMADORA (B); COLCHÃO FORMADO (C); PRENSAGEM DOS PAINÉIS (D); ESQUADREJAMENTO (E); CLIMATIZAÇÃO (F).



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



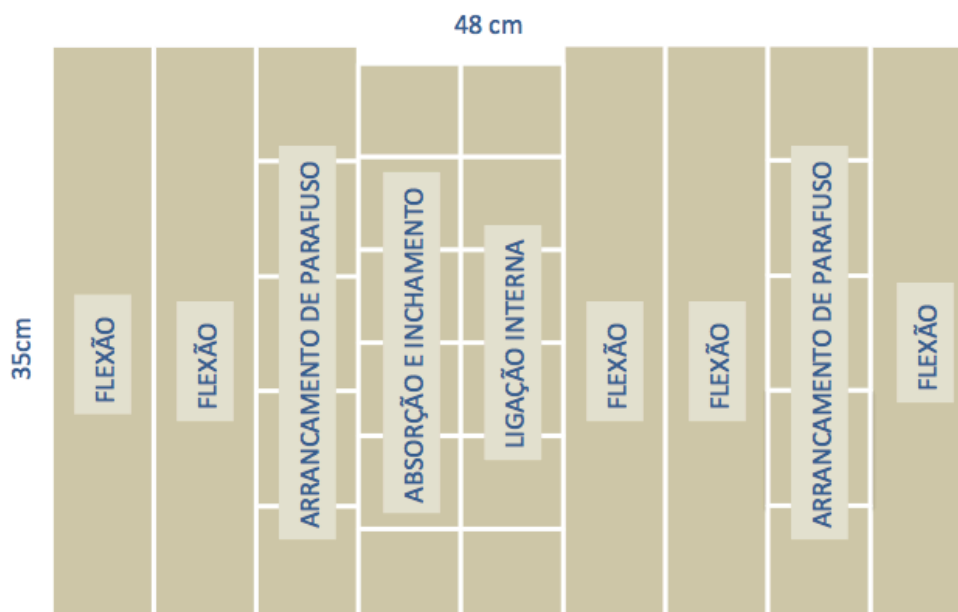
(F)

Fonte: Trianoski (2010).

2.2.7 Confeção dos corpos de prova

Os painéis foram seccionados seguindo o plano de corte apresentado na FIGURA 10, para a obtenção dos corpos de prova. As posições dos corpos de prova foram definidas para obter uma melhor representatividade do painel, considerando a possibilidade de ocorrer diferenças na homogeneidade da distribuição de partículas, durante a manufatura em laboratório.

FIGURA 10 – PLANO DE CORTE PARA OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA



FONTE: A autora (2015).

2.2.8 Ensaio para determinação das propriedades físicas e mecânicas

Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos apresentados na norma ABNT NBR 14810-3:2006 para as seguintes propriedades: massa específica, absorção de água e inchamento em espessura, módulo de elasticidade e de ruptura em flexão estática, ligação interna e resistência ao arrancamento de parafuso.

Conforme apresentado na FIGURA 10, foram testados, para cada tratamento: 5 corpos de prova de flexão estática; 6 corpos de prova de absorção de água e inchamento em espessura; 6 corpos de prova de ligação interna; 5 corpos de prova de arrancamento de parafuso no topo; e 5 corpos de prova de arrancamento de parafuso na superfície, onde alternou-se a posição dos corpos de prova (topo e superfície) para considerar diferentes localizações do painel testado.

Para avaliar a qualidade dos painéis produzidos com diferentes proporções de misturas de partículas de descarte de móveis e *Pinus*, os resultados foram comparados com a testemunha (painéis com 100% de partículas industriais de *Pinus*) e com os requisitos das normas NBR 14810:2006 e EN 312:2003.

2.2.9 Análise estatística

Primeiramente verificou-se a ocorrência de dados dispersos através de identificação de *outliers*. Para avaliar os experimentos foi realizado um teste de homogeneidade de variâncias através do Teste de Bartlett.

A análise estatística foi realizada segundo um delineamento inteiramente casualizado e os resultados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e análise de covariância (ANCOVA), tendo em vista a heterogeneidade da massa específica e sua influência sobre as propriedades.

Havendo rejeição da hipótese de igualdade, foi aplicado o Teste de Tukey para comparação de médias.

Todos os testes foram aplicados ao nível de 95% de significância, utilizando o programa estatístico Statgraphics Centurion XV.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PARTÍCULAS E DA RESINA

3.1.1 Propriedades físicas e químicas das partículas

As propriedades físicas e químicas das partículas utilizadas para a produção dos painéis estão apresentadas na TABELA 3.

TABELA 3 – PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS DAS PARTÍCULAS USADAS NA PRODUÇÃO DOS PAINÉIS

MATERIAL	TU (%)	MEg (g/cm ³)	pH	Tet (%)
Descarte de Móveis	8,9 ^a (0,50)	0,178 ^a (2,64)	5,30 ^a (0,52)	7,93 ^b (0,81)
<i>Pinus</i> spp.	10,4 ^b (0,69)	0,200 ^b (2,79)	5,14 ^a (0,96)	6,18 ^a (2,76)

FONTE: A autora (2015).

NOTA: TU: teor de umidade; MEg: massa específica a granel; pH: Potencial Hidrogeniônico com medição após 24 horas; Tet: teor de extrativos totais; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

a) teor de umidade

Os resultados para o teor de umidade das partículas de descarte de móveis e das partículas industriais de *Pinus* spp. foram, respectivamente, 8,9% e 10,4%, sendo as médias estatisticamente diferentes entre si.

O menor teor de umidade das partículas de descarte de móveis pode ser influência de materiais de revestimentos melamínicos que permaneceram aderidos às superfícies das partículas, da resina polimerizada e da parafina presentes no processamento original dos painéis. Outro fator que pode ter contribuído para o resultado é a menor histerese das partículas de descarte de móveis, decorrente da secagem do material industrial no seu processo produtivo.

Os resultados obtidos mostram a necessidade de secagem das partículas ao teor de umidade médio de 3% para a produção de painéis pois, como afirma Iwakiri (2005), o teor de umidade influencia no teor de umidade do colchão e no tempo de prensagem.

b) massa específica a granel

As partículas obtidas de descartes de móveis apresentaram valor médio de massa específica a granel de 0,178 g/cm³, inferior ao valor médio de 0,200 g/cm³, obtido para as partículas industriais de *Pinus*, sendo as médias estatisticamente diferentes entre si.

A diferença dos resultados médios das partículas pode estar relacionada à maior massa específica e maior compactação dos produtos provenientes de descartes de móveis. Isto porque, o processo industrial de prensagem à quente, aumenta as dificuldades de reprocessamento no moinho de martelos, gerando partículas de dimensões maiores e, conseqüentemente, uma inferior massa específica a granel. Garcia et al. (2013) afirmam que, quanto maiores as dimensões das partículas, menor será a massa específica a granel, pois maiores serão os espaços vazios entre as mesmas. Como referência, Azambuja (2015) obteve, para partículas obtidas de resíduos de construção civil e de demolição, os seguintes valores de massa específica a granel para diferentes produtos: partículas de *Pinus*: 0,183 g/cm³; MDF: 0,113 g/cm³; aglomerados: 0,275 g/cm³; compensados: 0,238 g/cm³; e madeira maciça: 0,249 g/cm³.

c) pH

O pH médio das amostras de partículas de descarte de móveis foi de 5,30 e de 5,14, para as partículas industriais de *Pinus*. As medições ocorreram em temperatura ambiente de 19°C.

As médias das diferentes partículas, após 24 horas de repouso, são estatisticamente iguais entre si. Acredita-se, portanto, que os contaminantes presentes nas partículas de descarte dos móveis coletados, tais como, tintas, vernizes, resinas polimerizadas ou plásticos, não interferiram no pH das amostras.

Como referência, no estudo realizado por Trianoski (2010), a madeira de *Pinus taeda* apresentou um pH de 4,58 e, em espécies de pinus tropicais, os valores médios variaram entre 4,17 a 4,64. (TRIANOSKI, 2012).

A madeira possui o pH variando entre 3 e 6, sendo considerada um material ácido. (MOSLEMI, 1974; IWAKIRI, 2005). Nestes termos, as partículas analisadas ficaram com os valores de acidez coerentes às madeiras empregadas para a produção de painéis aglomerados e, dentro de parâmetros seguros, para que não ocorra a pré-cura da resina, não alterando, assim, as condições da colagem.

d) extrativos totais

A média do teor de extrativos totais das partículas de descarte de móveis foi de 7,93% e de 6,18% para as partículas industriais de *Pinus*, sendo estas estatisticamente diferentes entre si.

O maior teor de extrativos totais das partículas de descarte de móveis pode ser consequência de alguns contaminantes, como: tintas, resinas polimerizadas e papéis melamínicos contidos na produção original dos painéis, que se solubilizaram no processo de extração.

No estudo realizado por Trianoski (2012) os resultados médios dos extrativos totais variaram de 3,34% a 8,82%, para diferentes espécies de pinus tropicais, mostrando-se adequados ao intervalo de variação de $5 \pm 3\%$ para coníferas (Fengel e Wegener (1989) apud Trianoski 2012) ou ao valor de 10% apresentado por Sjöström (1981).

No que diz respeito a influência dos extrativos totais sobre a qualidade de colagem de painéis aglomerados, pode-se dizer que o teor de extrativos totais dos resultados apresentados não tende a exercer influências negativas sobre as reações entre adesivo e substrato, bem como, não tende a reduzir a resistência à adesão interna e a resistência à umidade dos painéis, conforme os conceitos apresentados por Moslemi (1974), Kollmann, Kenzi e Stamm (1975).

3.1.2 Propriedades da resina

Os parâmetros de qualidade da resina ureia-formaldeído, utilizada nesta pesquisa, estão apresentados na TABELA 4:

TABELA 4 – PARÂMETROS DE QUALIDADE DA RESINA UREIA-FORMALDEÍDO

PARÂMETROS	RESULTADOS	REQUISITOS
Teor de sólidos (%)	65,97	64 – 66
Viscosidade (cP)	691,67	300 – 1000
pH	7,7	7,4 – 9
Densidade (g/cm ³)	1,30	1,25 – 1,30

FONTE: A autora (2015).

NOTA: cP: centiPoise.

Os valores obtidos estão em conformidade com os requisitos do Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM) - ABIMCI (2004) apud Trianoski (2010). Desta maneira, pode-se afirmar que a qualidade da resina está compatível com os requisitos recomendados para a produção de painéis.

3.2 PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

3.2.1 Propriedades físicas dos painéis

3.2.1.1 Massa específica aparente

Na TABELA 5 estão apresentados os valores médios das massas específicas aparentes dos painéis dos tratamentos da primeira fase.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DAS MASSAS ESPECÍFICAS DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E *PINUS*

TRATAMENTO	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)
T1: 10% DM / 90% P	0,692 ^{ab} (6,02)
T2: 25% DM / 75% P	0,697 ^{abc} (5,20)
T3: 50% DM / 50% P	0,703 ^{abc} (7,12)
T4: 75% DM / 25% P	0,713 ^{bc} (8,17)
T5: 100% DM	0,714 ^c (7,32)
T6: 100% P	0,682 ^a (5,56)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: DM: partículas de descartes de móveis; P: partículas industriais de *Pinus*; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de massa específica dos painéis variaram de 0,682 g/cm³, para os painéis produzidos com 100% de partículas de *Pinus* (T6), a 0,714 g/cm³, para os painéis produzidos com 100% de partículas de descartes de móveis (T5), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Não foram constatadas diferenças significativas entre as médias obtidas para os painéis produzidos com a mistura de diferentes materiais.

Pode-se perceber que a massa específica aumentou com a elevação da proporção da quantidade de partículas de descarte de móveis na mistura empregada na confecção dos painéis. Isto pode ser consequência da maior quantidade de sólidos de resina curados presentes nestas partículas, influenciando no menor retorno em espessura, após a liberação da pressão e do processo de climatização dos painéis, reduzindo a expansão do volume e aumentando a massa específica dos painéis.

As diferenças entre as massas específicas dos painéis, assim como a variação entre os valores obtidos em relação à massa específica nominal, podem ser atribuídas pela manufatura dos painéis em laboratório, onde pode ocorrer uma variação da concentração e distribuição das partículas na caixa formadora durante a deposição manual.

3.2.1.2 Absorção de água e inchamento em espessura

Na TABELA 6 estão apresentados os resultados dos ensaios de absorção de água (AA) e inchamento em espessura (IE), após 2 e 24 horas de imersão em água, para todos os tratamentos.

TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E *PINUS*

TRATAMENTO	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
T1: 10% DM / 90% P	13,09 ^{ab} (11,56)	34,85 ^a (13,43)	4,82 ^a (17,43)	14,19 ^b (9,67)
T2: 25% DM / 75% P	16,02 ^{bc} (32,17)	40,47 ^{bc} (11,70)	5,54 ^a (15,94)	14,78 ^{bc} (12,43)
T3: 50% DM / 50% P	12,34 ^a (7,67)	42,09 ^c (15,31)	5,99 ^a (20,51)	15,98 ^c (11,77)
T4: 75% DM / 25% P	19,28 ^c (17,72)	42,68 ^c (11,59)	7,34 ^b (19,89)	15,60 ^{bc} (12,20)
T5: 100% DM	14,25 ^{ab} (23,09)	37,26 ^{ab} (14,51)	5,80 ^a (29,87)	11,60 ^a (12,02)
T6: 100% P	14,97 ^{ab} (42,25)	34,75 ^a (19,15)	5,73 ^a (21,66)	14,30 ^b (10,65)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: DM: partículas de descartes de móveis; P: partículas industriais de *Pinus*; AA 2h e AA 24h: absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; IE 2h e IE 24h: inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de absorção de água, após 2 horas de imersão, variaram de 12,34%, para painéis produzidos com 50% de partículas de descartes de móveis e 50% de *Pinus* (T3), a 19,28%, para painéis produzidos com 75% de partículas de descartes de móveis e 25% de *Pinus* (T4), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Não foram constatadas diferenças significativas entre os demais tratamentos.

Para a absorção de água, após 24 horas de imersão, os valores médios variaram de 34,75%, para painéis produzidos com 100% de partículas de *Pinus* (T6), a 42,68%, para painéis produzidos com 75% de partículas de descartes de móveis e 25% de *Pinus* (T4), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Os tratamentos com 10% de partículas de descarte de móveis e 90% de *Pinus* (T1), com 100% de partículas de descarte de móveis (T5) e com 100% de partículas de *Pinus* (T6), foram os que apresentaram menores valores de absorção de água após 24 horas de imersão, sem diferenças significativas entre eles.

Os valores médios de inchamento em espessura após 2 horas de imersão em água variaram de 4,82%, para painéis produzidos com 10% de partículas de descartes de móveis e 90% de *Pinus* (T1), a 7,34%, para painéis produzidos com 75% de partículas de descartes de móveis e 25% de *Pinus* (T4), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Todos os tratamentos apresentaram valores médios de inchamento em espessura 2h estatisticamente iguais entre si, e, inferiores em relação ao tratamento T4 (75% DM / 25% P).

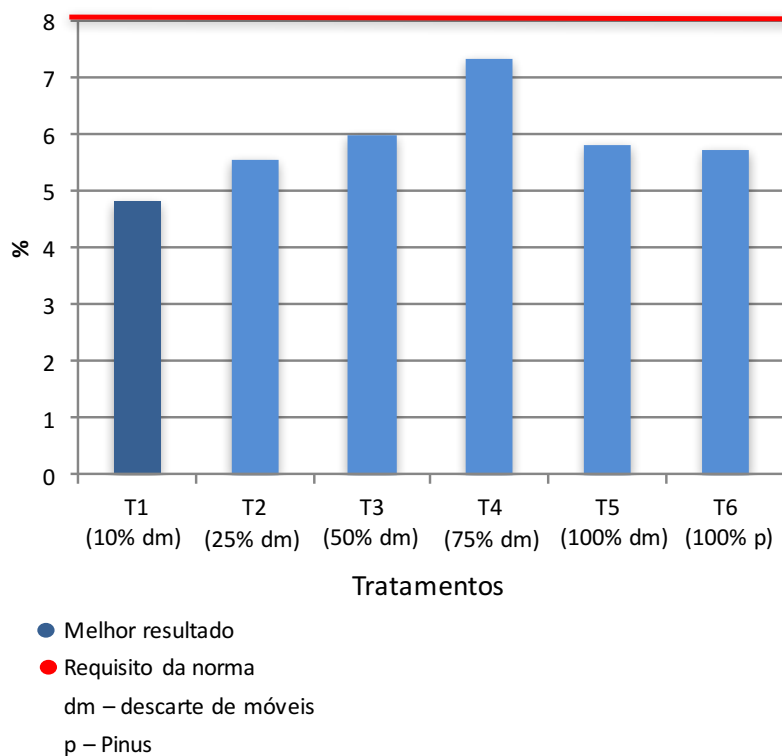
Para o inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água, os valores médios variaram de 11,60%, para painéis produzidos com 100% de partículas de descartes de móveis (T5), a 15,98%, para painéis produzidos com 50% de partículas de descartes de móveis e 50% de *Pinus* (T3), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Os painéis produzidos com 100% de partículas de descartes de móveis (T5) apresentaram média estatisticamente inferior e diferente em relação aos demais tratamentos.

Os resultados de absorção de água e de inchamento em espessura indicaram a igualdade estatística entre as médias obtidas para os painéis produzidos com 100% de partículas de descartes de móveis e com 100% de partículas industriais de *Pinus*, com exceção ao inchamento em espessura após 24h de imersão.

Para avaliação da qualidade dos painéis considera-se, como referência, os requisitos das normas EN e NBR. No entanto, não há requisitos normativos para o ensaio de absorção de água (após 2 e 24h de imersão) para produtos aplicados em condições secas e móveis, nas referidas normas, não sendo possível avaliar os desempenhos dos tratamentos.

A norma NBR 14810-2 define em 8% o valor máximo de inchamento em espessura, após 2 horas de imersão. Nesta referência, todos os tratamentos atenderam o requisito normativo, conforme mostra a FIGURA 11.

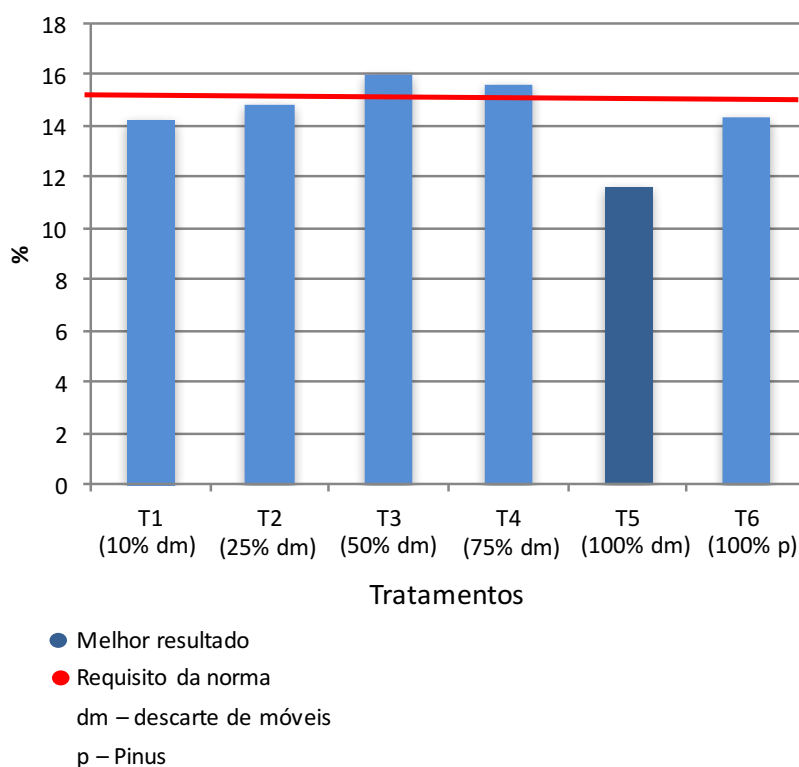
FIGURA 11 - VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (2 HORAS) E REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2



FONTE: A autora (2015).

O valor de referência da norma EN 312:2003 para o ensaio de inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, é de, no máximo, 15% (FIGURA 12). Apenas os tratamentos produzidos com 50% de partículas de descarte de móveis e 50% de *Pinus* (T3) e, 75% de partículas de descarte de móveis e 25% de *Pinus* (T4), não atenderam a este requisito.

FIGURA 12 - VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 HORAS) E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003



FONTE: A autora (2015).

Na FIGURA 12 percebe-se o melhor desempenho do tratamento composto por 100% de partículas de descarte de móveis (T5) em relação aos demais tratamentos. Este resultado pode ser atribuído à maior proporção de partículas de descarte de móveis que possuem revestimentos plásticos em elementos como fitas de borda, assim como partes com revestimentos superficiais que, naturalmente, dificultam a entrada de água. Outra justificativa pode-se atribuir à maior presença de resina e parafina residuais dos painéis originais, que aumentam a resistência à umidade e contêm o inchamento em espessura. Esta maior resistência à água também diminui a liberação das tensões de compressão durante a imersão.

Weber e Iwakiri (2015) relatam, no seu trabalho, os aspectos favoráveis de uso de resíduos de painéis aglomerados e MDF na produção de novos painéis particulados, devido a presença de parafina na sua composição original, a qual pode influenciar positivamente na melhoria da estabilidade dimensional dos painéis produzidos. Yang (2007) comenta sobre a relação inversa entre a quantidade de resina e o inchamento em espessura dos painéis, o que neste caso, os resquícios de resina do processo anterior, mais a resina aplicada no novo produto, podem potencializar em benefício da redução de absorção de água e inchamento em espessura dos painéis.

Os resultados de absorção de água obtidos nesta pesquisa foram menores em comparação à algumas referências apresentadas na literatura. Alves (2013), trabalhando com painéis aglomerados de resíduos de madeira da indústria moveleira, obteve para a absorção de água, após 24 horas de imersão, 56,86%. Naumann et al. (2008) encontraram, para painéis aglomerados de *Eucalyptus urophylla* e *Schizolobium amazonicum*, valores de absorção 24 horas de 97,2% e 117,9%, respectivamente. Iwakiri et al. (1996) encontraram, para painéis aglomerados de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, 75,04% e 80,05%, respectivamente. Com relação ao inchamento em espessura 24 horas, os resultados obtidos nesta pesquisa foram bem inferiores aos valores de 20,24% e 20,43%, obtidos por Dacosta et al. (2005), para painéis produzidos com resíduos de processamento de *Pinus elliottii*, com teor de resina de 8% e 12%, respectivamente. Iwakiri et al. (1996) encontraram, para painéis de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*, valores de 30,50% e 35,09%.

Os resultados de absorção de água e inchamento em espessura obtidos mostram que as diferentes proporções de misturas, inclusive o uso integral das partículas provenientes de descartes de móveis sem a mistura com partículas industriais de *Pinus*, são altamente promissoras para o uso na produção de painéis aglomerados.

3.2.2 Propriedades mecânicas dos painéis

3.2.2.1 Flexão estática

Os resultados obtidos para o módulo de elasticidade (MOE) e módulo de ruptura (MOR), a partir do ensaio de flexão estática dos painéis produzidos com diferentes proporções de misturas de partículas de descarte de móveis e *Pinus* spp., são apresentados na TABELA 7.

TABELA 7 – VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E *PINUS*

TRATAMENTO	MOE (MPa)	MOR (MPa)
T1: 10% DM / 90% P	1.956 ^b (19,79)	13,10 ^b (18,52)
T2: 25% DM / 75% P	1.804 ^{ab} (20,28)	12,21 ^{ab} (20,72)
T3: 50% DM / 50% P	1.689 ^{ab} (21,20)	11,97 ^{ab} (22,98)
T4: 75% DM / 25% P	1.452 ^a (29,76)	10,17 ^a (29,37)
T5: 100% DM	1.701 ^{ab} (25,33)	11,36 ^{ab} (25,04)
T6: 100% P	1.815 ^{ab} (18,52)	12,94 ^{ab} (22,15)

FONTE: A autora (2015).

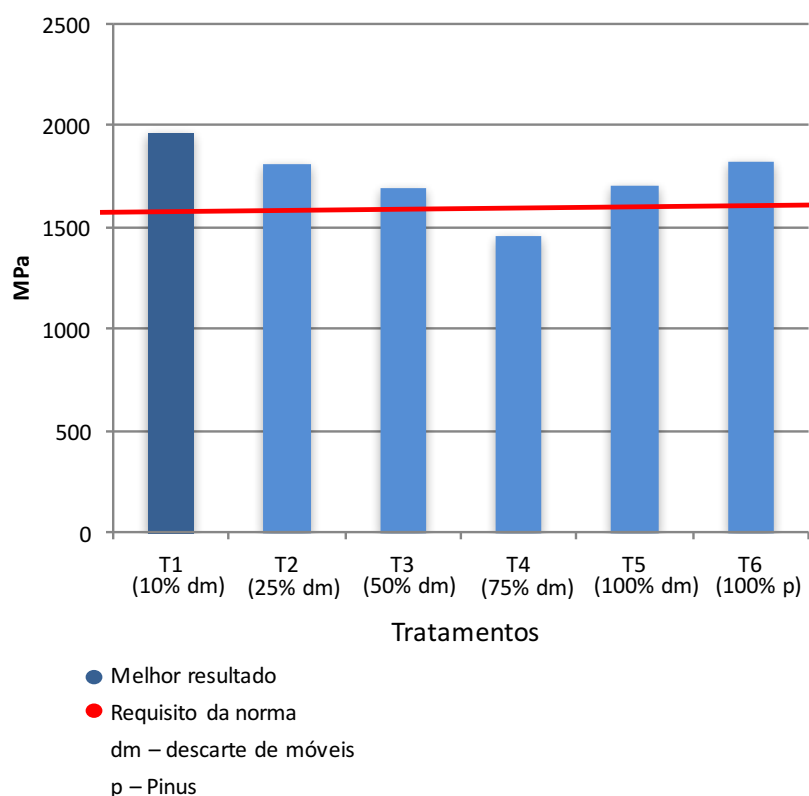
NOTAS: DM: partículas de descartes de móveis; P: partículas industriais de *Pinus*; MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de MOE variaram de 1.452 MPa, para painéis produzidos com 75% de partículas de descartes de móveis e 25% de *Pinus* (T4), a 1.956 MPa, para painéis produzidos com 10% de partículas de descartes de móveis e 90% de *Pinus* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Não foram constatadas diferenças significativas entre os demais tratamentos.

Os valores médios de MOR variaram de 10,17 MPa, para painéis produzidos com 75% de partículas de descartes de móveis e 25% de *Pinus* (T4), a 13,10 MPa, para painéis produzidos com 10% de partículas de descartes de móveis e 90% de *Pinus* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Assim, como verificado para o MOE, não foram constatadas também para o MOR, diferenças significativas entre os demais tratamentos.

A norma EN 312 sugere, para o módulo de elasticidade, valores acima de 1.600 MPa. Apenas o tratamento composto por 75% de partículas de descarte de móveis e 25% de partículas de *Pinus* (T4), não atendeu a esta exigência (FIGURA 13).

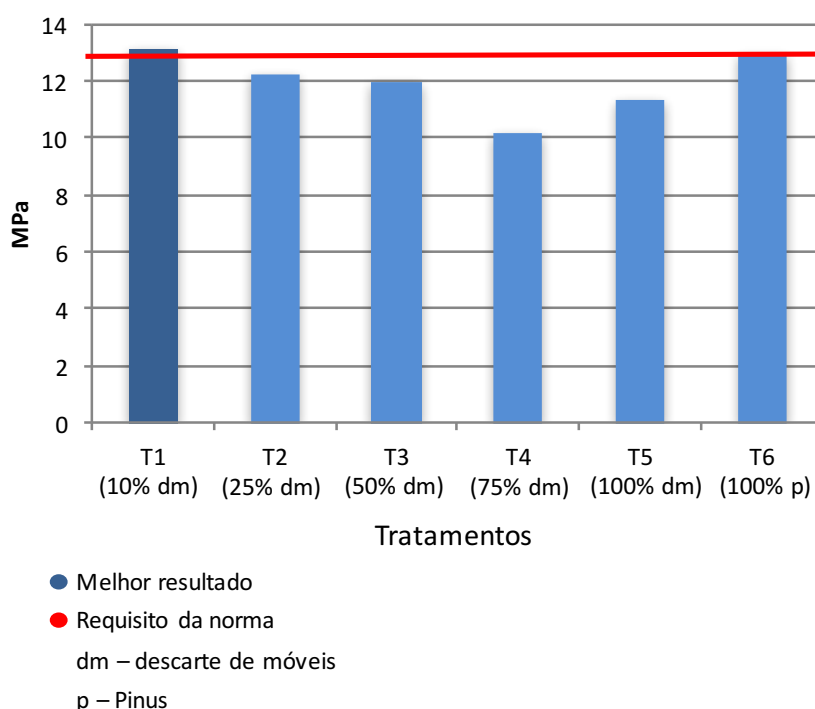
FIGURA 13 - VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003



FONTE: A autora (2015).

A FIGURA 14 apresenta os desempenhos dos tratamentos no MOR e o valor de referência apresentado pela norma EN 312 (13 MPa).

FIGURA 14 - VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE RUPTURA E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003



FONTE: A autora (2015).

Com base na FIGURA 14, apenas o tratamento T1, produzido com 10% de descartes de móveis e 90% de *Pinus*, atendeu o requisito mínimo de 13 MPa, conforme estabelece a norma EN 312.

Considerando as FIGURAS 13 e 14 pode-se constatar que o aumento gradual das proporções de misturas de partículas de descarte de móveis diminui as propriedades de flexão do painel. No entanto, estima-se que valores de, até, 50% desta mistura ainda possam ser usados na produção de painéis aglomerados, sem comprometer os resultados, tendo-se como base a semelhança estatística com os melhores resultados obtidos e, também, o desempenho da testemunha.

No estudo realizado por Weber (2011), com resíduos provenientes do processamento de painéis, os valores para MOE e MOR para o tratamento composto por misturas em partes iguais de partículas de MDP (*Medium Density Particleboard*), compensado e MDF com teor de resina de 10%, os resultados obtidos foram 1.438 MPa e 8,44 MPa, respectivamente.

No estudo realizado por Azambuja (2015), painéis produzidos com massa específica $0,75 \text{ g/cm}^3$ e 8% de teor de resina UF, compostos pela mistura de 25% de partículas de demolição em mistura com partículas de *Pinus*, apresentaram, como melhores resultados para MOE e MOR, 1.446 MPa e 8,09 MPa, respectivamente. Para painéis produzidos com 50% de resíduos misturados com partículas de *Pinus*, os melhores resultados foram, respectivamente, para MOE e MOR, 1.352 MPa e 6,97 MPa.

Desta maneira, pode-se constatar que, os resultados obtidos no presente estudo foram satisfatórios quando comparados aos estudos realizados pelos pesquisadores acima citados.

3.2.2.2 Ligação interna

Os resultados de ligação interna dos painéis produzidos com diferentes porcentagens de misturas de partículas de descarte de móveis e partículas industriais de *Pinus* são apresentados na TABELA 8.

TABELA 8 – VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E *PINUS*

TRATAMENTO	LI (MPa)
T1: 10% DM / 90% P	0,96 ^b (21,81)
T2: 25% DM / 75% P	0,93 ^b (28,82)
T3: 50% DM / 50% P	0,72 ^a (14,27)
T4: 75% DM / 25% P	0,66 ^a (19,10)
T5: 100% DM	0,75 ^a (14,56)
T6: 100% P	0,60 ^a (31,86)

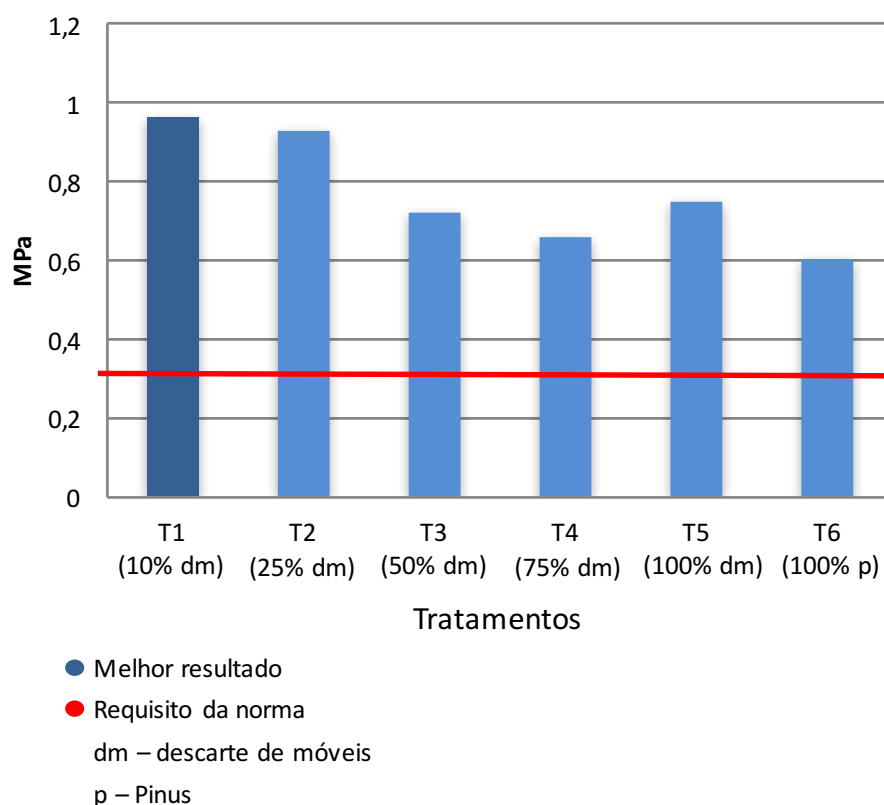
FONTE: A autora (2015).

NOTAS: DM: partículas de descartes de móveis; P: partículas industriais de *Pinus*; LI: Ligação interna; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios para a ligação interna variaram de 0,60 MPa, para painéis produzidos com 100% de partículas de *Pinus* (T6), a 0,96 MPa, para painéis produzidos com 10% de partículas de descartes de móveis e 90% de *Pinus* (T1), sendo as médias estatisticamente diferentes entre si. Maiores valores médios foram obtidos para painéis produzidos com 10 e 25% de partículas de descartes de móveis com 90 e 75% de partículas de *Pinus* (T1 e T2), respectivamente, sendo os mesmos estatisticamente superiores em comparação aos demais tratamentos.

Os resultados obtidos para a ligação interna foram satisfatórios, tendo em vista que todos os tratamentos apresentaram médias muito superiores ao requisito mínimo da norma de 0,35 MPa, conforme apresenta a FIGURA 15.

FIGURA 15 - VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA E REQUISITO DA NORMA EN 312:2003



FONTE: A autora (2015).

Os valores obtidos, como resultado do ensaio de ligação interna, comprovaram que os resultados do teor de extrativos totais e do pH das amostras estudadas não comprometeram as condições de colagem, corroborando com as afirmações de Moslemi (1974), Kollmann, Kenzi e Stamm (1975).

Colli et al. (2010) encontraram, para painéis aglomerados produzidos com *Schizolobium amazonicum*, valor médio de ligação interna de 0,22 MPa. Já, Vital et al. (1974) encontraram, para painéis aglomerados de *Virola* spp., com razão de compactação de 1,2:1.0 (baixa) e 1,6:1.0 (alta), valores de 0,48 MPa e 0,65 MPa, respectivamente.

Os resultados de ligação interna fortalecem a possibilidade de partículas de descarte de móveis serem utilizadas como componentes da matéria-prima para painéis aglomerados, visto que todos os tratamentos atenderam a recomendação da norma.

3.2.2.3 Arrancamento de parafuso

Na TABELA 9 são apresentados os valores médios de resistência ao arrancamento de parafuso na superfície e no topo dos painéis.

TABELA 9 – VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO DOS PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PERCENTUAIS DE MISTURAS DE PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS E *PINUS*

TRATAMENTO	CARGA (N)	
	SUPERFÍCIE	TOPO
T1: 10% DM / 90% P	1.185 ^a (8,80)	945 ^a (50,80)
T2: 25% DM / 75% P	1.033 ^a (45,80)	1.034 ^a (38,72)
T3: 50% DM / 50% P	1.148 ^a (19,73)	1.127 ^a (20,90)
T4: 75% DM / 25% P	1.093 ^a (31,28)	982 ^a (35,33)
T5: 100% DM	1.095 ^a (6,05)	1.006 ^a (20,53)
T6: 100% P	1.067 ^a (30,20)	1.043 ^a (34,22)

FONTE: A autora (2015).

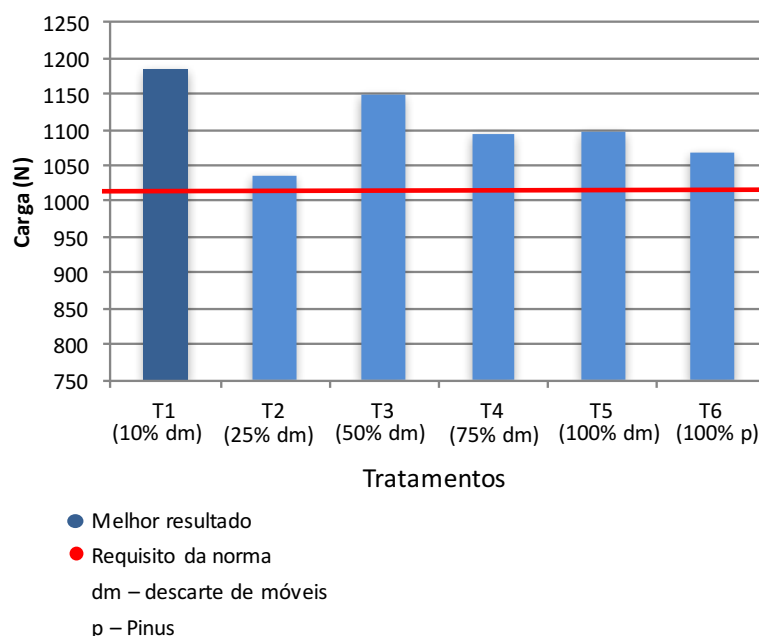
NOTAS: DM: partículas de descartes de móveis; P: partículas industriais de *Pinus*; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de resistência ao arrancamento de parafusos na superfície do painel variaram de 1.033 N, para painéis produzidos com 25% de partículas de descartes de móveis e 75% de *Pinus* (T2), a 1.185 N, para painéis produzidos com 10% de partículas de descartes de móveis e 90% de *Pinus* (T1). Não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos.

Para a resistência ao arrancamento de parafusos no topo, os valores médios variaram de 945 N, para painéis produzidos com 10% de partículas de descartes de móveis e 90% de *Pinus* (T1), a 1.127 N, para painéis produzidos com 50% de partículas de descartes de móveis e 50% de *Pinus* (T3). Não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos tratamentos.

A norma NBR 14810 define, como requisito mínimo, o valor de 1.020 N para o arrancamento de parafuso na superfície. Como mostra a FIGURA 16, todos os tratamentos foram aprovados na referida norma.

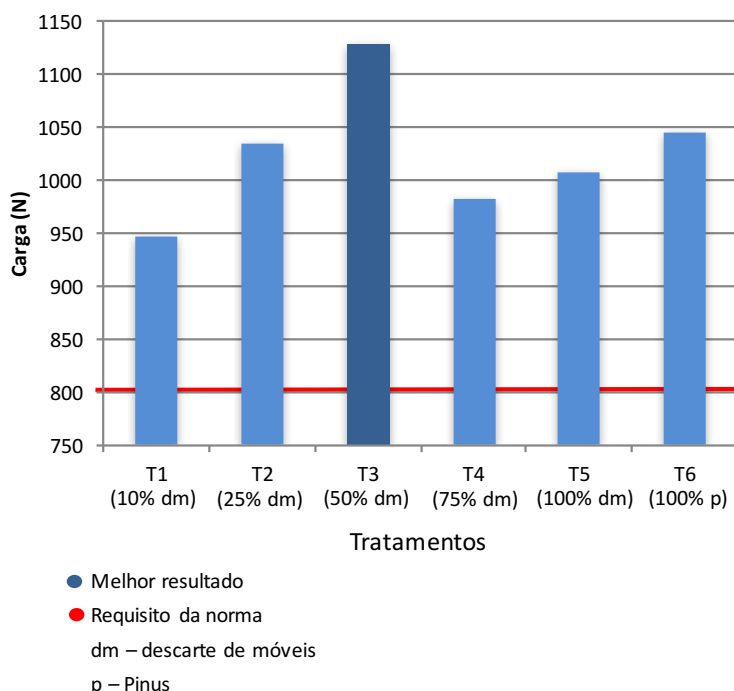
FIGURA 16 - VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NA SUPERFÍCIE E REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2



FONTE: A autora (2015).

Para o arrancamento de parafuso no topo a norma NBR 14810 define, como requisito mínimo, o valor de 800 N. Como mostra a FIGURA 17, todos os tratamentos foram aprovados na referida norma.

FIGURA 17 - VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO NO TOPO E REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2



FONTE: A autora (2015).

Os resultados de arrancamento de parafusos obtidos foram compatíveis em comparação à algumas pesquisas. Weber (2011) encontrou, para painéis aglomerados, com massa específica de $0,80 \text{ g/cm}^3$ e 10% de teor de resina, produzidos com misturas de partículas obtidas de resíduos de processamento de aglomerados, compensados e MDF, valores de 810 N a 1.200 N para arrancamento de parafuso na superfície e de 591 N a 1.345 N no topo. Em trabalho publicado por Azambuja (2015), painéis produzidos com massa específica $0,75 \text{ g/cm}^3$ e 8% de teor de resina UF, compostos pela mistura de 25% e de 50% de partículas de demolição em mistura com partículas de *Pinus*, apresentaram, como melhores resultados para arrancamento de parafusos na superfície, 1.177 N e 1.198 N, respectivamente. Para o arrancamento de parafusos no topo, os melhores resultados foram, respectivamente, 1.122 N e 1.132 N.

3.3 CONSIDERAÇÕES

A TABELA 10 apresenta os desempenhos dos tratamentos em relação às normas e à testemunha (T6), com a intenção de avaliar a melhor proporção de mistura em painéis compostos por partículas de descarte de móveis e *Pinus* spp.

TABELA 10 – RESUMO DOS DESEMPENHOS DOS TRATAMENTOS NOS ENSAIOS DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

TRATAMENTO	ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								
	IE 2h	IE 24h	AA 2h	AA 24h	MOR	MOE	LI	APS	APT
T1 10% DM / 90% P	●	●	●	●	●	●	●	●	●
T2 25% DM / 75% P	●	●	●	●	○	●	●	●	●
T3 50% DM/ 50% P	●	○	●	●	○	●	●	●	●
T4 75% DM / 25% P	●	○	○	●	○	○	●	●	●
T5 100% DM	●	●	●	●	○	●	●	●	●
T6 100% P	●	●	●	●	○	●	●	●	●

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: IE: Inchamento em Espessura; AA: Absorção de Água; MOR: Módulo de Ruptura; MOE: Módulo de Elasticidade; LI: Ligação Interna; APS: Arrancamento de Parafuso na Superfície; APT: Arrancamento de Parafuso no Topo; DM: partículas de descartes de móveis; P: partículas industriais de *Pinus*;

LEGENDA:

- MELHORES RESULTADOS
- APROVADOS POR SEMELHANÇA ESTATÍSTICA
- APROVADOS PELAS NORMAS
- REPROVADOS

Avaliando o tratamento composto por 10% de partículas de descarte de móveis e 90% de partículas de *Pinus* (T1), pode-se afirmar que seu desempenho atendeu a todos os requisitos das normas para os ensaios realizados. Este tratamento também apresentou os melhores resultados nos ensaios de inchamento em espessura após 2h de imersão, MOR e MOE, ligação interna e arrancamento de parafuso na superfície. O tratamento T1 foi considerado igual estatisticamente a testemunha (T6) para as propriedades de absorção de água (2 e 24h), inchamento em espessura (2 e 24h), flexão estática (MOE e MOR) e arrancamento de parafuso (topo e superfície) e superior para a propriedade de ligação interna.

O tratamento composto por 25% de partículas de descarte de móveis e 75% de *Pinus* (T2), foi aprovado em todos os ensaios. No MOR, a aprovação ocorreu por semelhança estatística ao tratamento T1(10% DM / 90% P) e à testemunha (T6). O tratamento foi considerado igual estatisticamente à testemunha nos ensaios de absorção de água após 2 horas de imersão, inchamento em espessura (2 e 24h), MOE, MOR e arrancamento de parafuso (topo e superfície), inferior na absorção de água após 24h de imersão e superior na ligação interna.

A mistura de 50% de partículas de descarte de móveis com 50% de *Pinus*, relativa ao tratamento T3, também foi aprovada em todos os ensaios realizados. No MOR e no inchamento após 24h de imersão, o tratamento T3 foi considerado igual estatisticamente aos tratamentos aprovados T1 e T2, respectivamente. Pode-se afirmar que, esta porcentagem de mistura pode ser inserida como matéria-prima para a produção de painéis de madeira aglomerada.

A razões acima citadas embasaram a escolha do tratamento T3 (50% de partículas de descarte de móveis e 50% de *Pinus*) para dar sequência aos estudos com diferentes teores de resina e massas específicas nominais, como alternativa para a maior quantidade de mistura viável para o uso na produção de painéis de madeira aglomerada. A variação de teor de resina e de diferentes massas específicas faz-se necessária, visto suas interferências nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis. Isto pode resultar num aumento no custo de produção, mas que pode ser compensado pelo custo baixo desta matéria-prima.

O tratamento composto por 75% de partículas de descarte de móveis e 25% de partículas de *Pinus* (T4), não atingiu os valores de referência das normas para os ensaios de MOR e MOE, não sendo recomendada esta porcentagem, como mistura na produção de painéis de madeira aglomerada.

A alternativa do tratamento composto por 100% de partículas de descarte de móveis (T5) mostra-se bastante promissora, pois o tratamento foi aprovado em todos os ensaios, considerando as exigências das normas. Como, neste estudo, o material de descarte de móveis não tem como objetivo substituir integralmente a madeira de *Pinus* na indústria de painéis aglomerados, visto a necessidade de avaliar a disponibilidade volumétrica e econômica do material para o setor, deve-se averiguar o potencial do material para novos produtos.

O tratamento T5 foi considerado igual estatisticamente a testemunha (T6) para as propriedades de absorção de água (2 e 24h), inchamento em espessura (2h), flexão estática (MOE e MOR), ligação interna e arrancamento de parafuso (topo e superfície) e inferior para a propriedade de inchamento em espessura 24h.

4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- As partículas oriundas de descartes de móveis podem ser incorporadas na produção de painéis aglomerados nas proporções de misturas de 10, 25 e 50%, complementadas com partículas industriais de *Pinus*;
- As partículas de descarte de móveis possuem uma densidade a granel menor do que as partículas de *Pinus*, não influenciando de forma significativa nas propriedades dos painéis aglomerados;
- Maiores pH e teores de extrativos totais das partículas de descartes de móveis, em relação às partículas de *Pinus*, também não influenciaram nos resultados das propriedades dos painéis produzidos;
- Os resultados das propriedades físicas e mecânicas dos painéis demonstraram a viabilidade de uso de partículas provenientes de descartes de móveis para a produção de painéis aglomerados, em proporções de 10, 25 e 50% de misturas complementadas com partículas industriais de *Pinus*, com a possibilidade, também, de uso integral destas partículas provenientes de resíduos sem a mistura com partículas industriais de *Pinus*, livres de contaminação. Entretanto, esta última alternativa pode ser inviável devido à grande demanda volumétrica das indústrias de aglomerados;
- O tratamento composto pela mistura de 50% de partículas de descarte de móveis e 50% de *Pinus* (T3) torna-se a melhor alternativa para a economia de consumo de matéria-prima oriunda de plantios florestais na produção de painéis aglomerados, com resultados aprovados nas propriedades físicas e mecânicas, atendendo os requisitos da norma EN e NBR.

FASE 2 – AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA MASSA ESPECÍFICA E DO TEOR DE RESINA NAS PROPRIEDADES DOS PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM PARTÍCULAS DE DESCARTE DE MÓVEIS

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste capítulo consistiu em analisar painéis aglomerados constituídos de partículas geradas a partir de descartes de móveis e partículas industriais de *Pinus*, misturadas em proporções iguais, com diferentes massas específicas e teores de resina ureia-formaldeído, por meio dos ensaios de propriedades físicas e mecânicas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar o efeito de diferentes massas específicas e teores de resina na qualidade dos painéis aglomerados, produzidos com partes iguais de misturas de partículas de descarte de móveis e *Pinus*, por meios dos ensaios de propriedades físicas e mecânicas.

Comparar os resultados obtidos com os requisitos propostos pelas Normas EN e NBR.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Os materiais utilizados para a produção dos painéis seguiram a mesma descrição realizada na primeira fase experimental.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Delineamento experimental

O plano experimental consistiu de nove tratamentos, com três diferentes massas específicas dos painéis e três teores de resina, conforme apresentado na TABELA 11.

TABELA 11 – DELINEAMENTO EXPERIMENTAL – FASE 2

Tratamento	Material	%	Densidade (g/cm ³)	Resina %	Parafina %	Catalisador %	Umidade %	Prensagem	Repetições
T1	descarte de móveis e <i>Pinus</i>	50	0,55	8	1	2	3	10 min 140°C 40 kgf/cm ²	3
T2			0,70						
T3			0,85						
T4			0,55	10					
T5			0,70						
T6			0,85						
T7			0,55	12					
T8			0,70						
T9			0,85						

FONTE: A autora (2015)

2.2.2 Produção dos Painéis

Os painéis foram produzidos com 50% de partículas de descartes de móveis e 50% de partículas industriais de *Pinus*, com massa específica nominal de 0,55, 0,70 e 0,85 g/cm³ e dimensões de 380 x 500 x 13 mm (comprimento, largura e espessura). As diferentes massas específicas foram definidas considerando painéis de média e de alta densidade, de acordo com a classificação da NBR 14810-3 (ABNT, 2006).

A resina ureia-formaldeído foi aplicada na quantidade de 8, 10 e 12% de sólidos, base peso seco das partículas, e 1% de emulsão de parafina. A definição dos diferentes teores de resina se orientou pela variação mencionada por Tsoumis (1991) e Irle et al. (2010). Os painéis foram prensados à temperatura de 140°C, pressão específica de 40 kgf/cm² e tempo de prensagem de 10 minutos. Após a prensagem, os painéis foram acondicionados em câmara climática com temperatura de 20±3°C e umidade relativa de 65±5%, até a estabilização da umidade de equilíbrio.

2.2.3 Confecção dos corpos de prova

Após atingirem a umidade de equilíbrio na câmara climatizada, os painéis foram esquadrejados e seccionados para a obtenção dos corpos de prova.

2.2.4 Ensaios para determinação das propriedades físicas e mecânicas

A qualidade dos painéis foi avaliada com base nas suas propriedades físicas e mecânicas, de acordo com os procedimentos de ensaios descritos na norma ABNT NBR 14810-3:2006. As seguintes propriedades foram avaliadas: absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, módulo de elasticidade e de ruptura em flexão estática, tração perpendicular (ligação interna) à superfície do painel, resistência ao arrancamento de parafuso na superfície e no topo do painel.

2.2.5 Análise estatística

Primeiramente verificou-se a ocorrência de dados dispersos através de identificação de *outliers*, realizando-se também um teste de homogeneidade de variâncias através do Teste de Bartlett. Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) segundo um arranjo fatorial, e as médias foram comparadas por meio de teste de Tukey. Todos os testes foram aplicados ao nível de 95% de significância, utilizando o programa estatístico *Statgraphics Centurion XV*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PROPRIEDADES DOS PAINÉIS

3.1.1 Propriedades físicas dos painéis

3.1.1.1 Absorção de água e inchamento em espessura

Na TABELA 12 estão apresentados os valores médios de absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão para painéis produzidos com diferentes massas específicas e teores de resina.

TABELA 12 – VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA

TRATAMENTO	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
T1 (ME55/R8)	48,35 ^e (22,96)	90,82 ^d (9,44)	6,61 ^c (19,78)	13,07 ^c (14,62)
T2 (ME70/R8)	23,23 ^d (36,76)	61,76 ^c (19,79)	5,25 ^b (28,01)	15,81 ^d (14,62)
T3 (ME 85/R8)	12,66 ^{bc} (21,12)	44,60 ^b (13,51)	5,32 ^b (26,40)	18,00 ^e (13,07)
T4 (ME55/R10)	20,05 ^d (23,84)	61,76 ^c (18,07)	3,56 ^a (25,10)	10,48 ^b (15,13)
T5 (ME70/R10)	14,98 ^c (34,29)	40,17 ^b (28,85)	3,60 ^a (40,28)	11,95 ^c (13,96)
T6 (ME85/R10)	8,59 ^{ab} (22,50)	30,33 ^a (18,18)	4,01 ^a (19,75)	12,26 ^c (14,68)
T7 (ME55/R12)	21,08 ^d (38,81)	61,29 ^c (26,60)	3,40 ^a (32,02)	8,83 ^a (13,53)
T8 (ME70/R12)	12,65 ^{bc} (25,47)	39,69 ^b (18,07)	3,08 ^a (35,66)	9,15 ^{ab} (14,53)
T9 (ME85/R12)	7,30 ^a (17,54)	23,32 ^a (16,96)	3,51 ^a (35,73)	9,64 ^{ab} (18,90)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: ME: massa específica do painel; R: teor de resina; AA 2h e AA 24h: absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; IE 2h e IE 24h: inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de absorção de água, após 2 horas de imersão, variaram de 7,30%, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% de resina (T9), a 48,35%, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% (T9) de resina apresentaram média estatisticamente igual, em comparação aos painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e 10% (T6) de resina e, de maneira geral, inferior em relação aos demais tratamentos.

Para absorção de água, após 24 horas de imersão, os valores médios variaram de 23,32%, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% de resina (T9), a 90,82%, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% (T9) de resina apresentaram média estatisticamente igual, em comparação aos painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e 10% (T6) de resina, e inferior, em relação aos demais tratamentos. Este comportamento foi similar ao observado para absorção de água, após 2 horas de imersão.

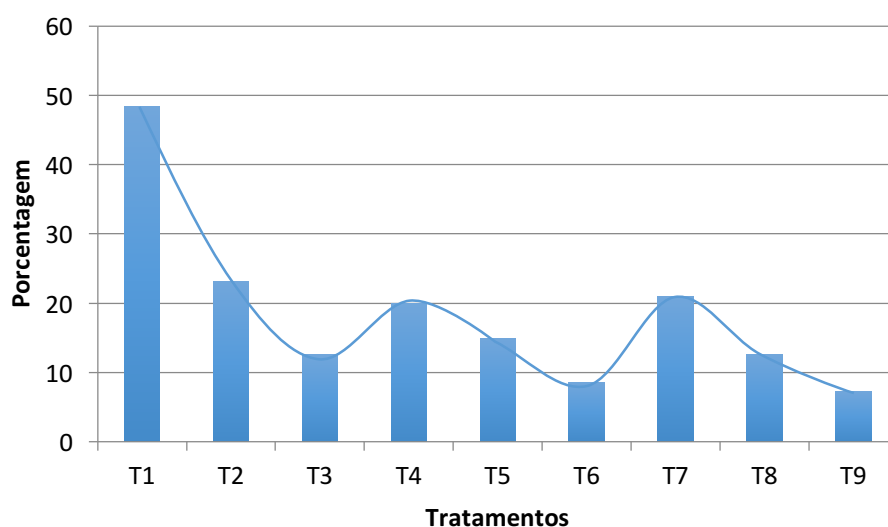
Os valores médios de inchamento em espessura, após 2 horas de imersão, variaram de 3,08%, para painéis produzidos com massa específica de 0,70 g/cm³ e 12% de resina (T8), a 6,61%, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1). Os painéis produzidos com massa específica de 0,55, 0,70 e 0,85 g/cm³, com 10 e 12% de resina (T4 a T9), apresentaram médias estatisticamente iguais entre si e inferiores em relação aos demais tratamentos.

Quanto ao inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, os valores médios variaram de 8,83%, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 12% de resina (T7), a 18,00%, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 8% de resina (T3). Os painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³, e 12% (T7) de resina, apresentaram média estatisticamente igual em comparação aos painéis com massa específica de 0,70 (T8) e 0,85 (T9) g/cm³ e 12% de resina e inferior em relação aos demais tratamentos.

A Norma EN 312:2003 não apresenta requisitos para o ensaio de absorção de água para produtos aplicados em condições secas e móveis, não sendo possível avaliar os desempenhos dos tratamentos.

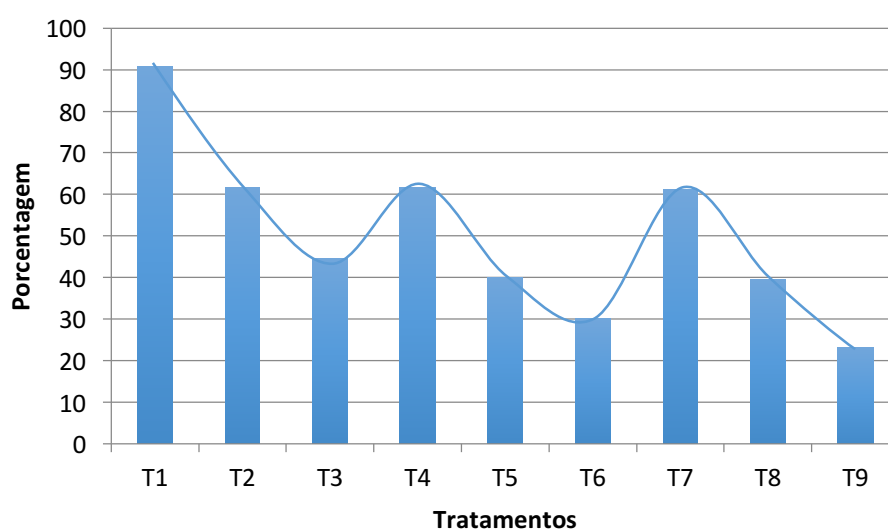
As FIGURAS 18 e 19 apresentam os desempenhos dos tratamentos para estes ensaios.

FIGURA 18 – VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (2 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA



FONTE: A autora (2015).

FIGURA 19 – VALORES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (24 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA



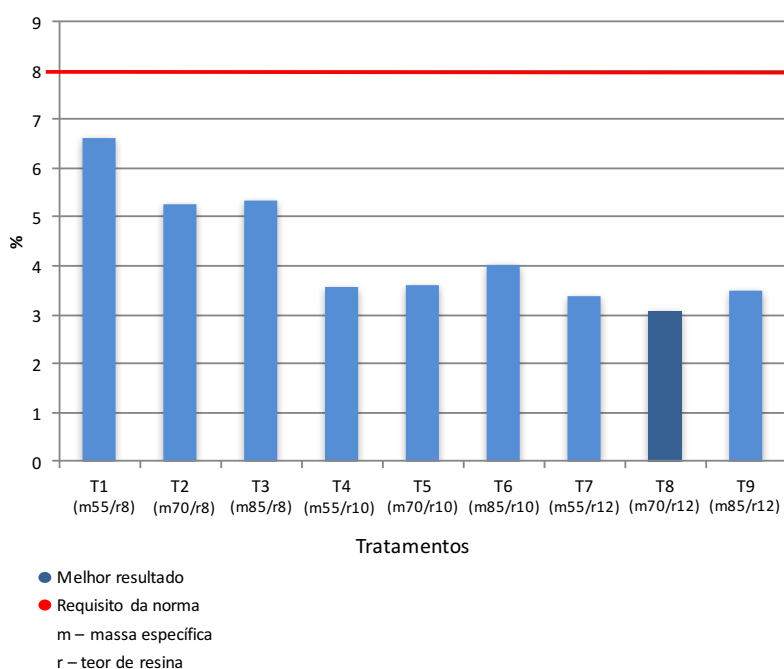
FONTE: A autora (2015).

Analisando as curvas traçadas sobre os gráficos, observa-se que os tratamentos mantiveram a mesma tendência de comportamento na absorção da água, após 2 e 24 horas de imersão, onde o aumento da massa específica diminui a absorção de água (2 e 24h). Vital et al. (1974) mencionam que uma maior massa específica proporciona uma redução na porosidade do painel, dificultando, assim, a absorção de água, justificando estas tendências de resultados.

Torrell et al. (2013) citando a tabela de propriedades físicas e mecânicas editadas pelo *Forest Products Laboratory* (1987), indicam, para os padrões comerciais, valores entre 5% e 50% para a absorção de água, após 24 horas de imersão. Portanto, os tratamentos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 8% de resina (T3), assim como os tratamentos com massa específica de 0,70 e 0,85 g/cm³, com 10 e 12% de resina (T5, T6, T8 e T9), seriam adequados para os referidos padrões comerciais.

Os resultados de inchamento em espessura, após 2 horas de imersão, de todos os tratamentos, atenderam o requisito máximo de 8%, conforme estabelecido pela norma ABNT NBR 14810-2. Os desempenhos dos tratamentos em relação à referida norma estão apresentados na FIGURA 20.

FIGURA 20 – VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (2 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2



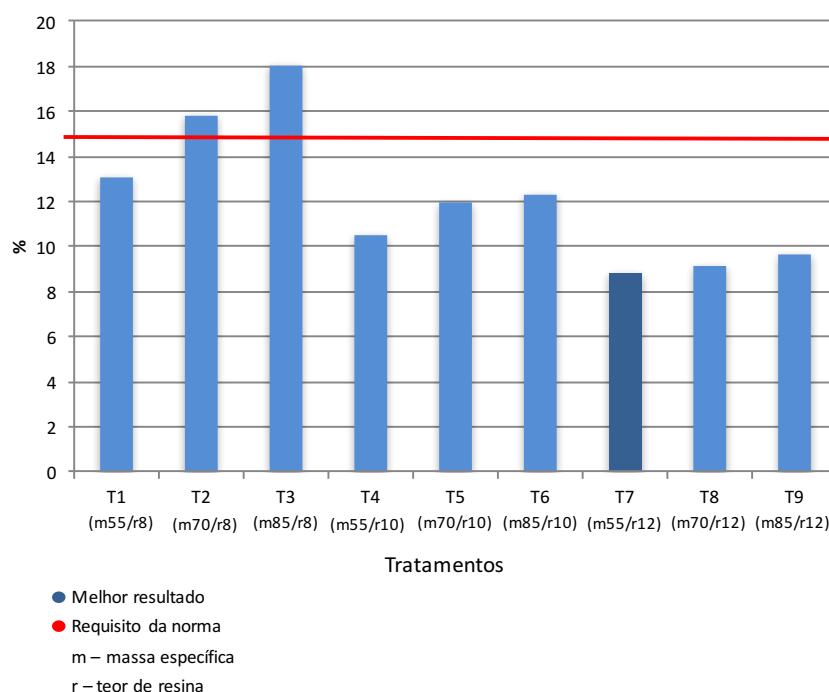
FONTE: A autora (2015).

Com relação ao inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, somente os painéis produzidos com massa específica de 0,70 e 0,85 g/cm³ e teor de resina de 8%, relativos aos tratamentos T2 e T3, não atenderam o requisito da norma EN 312:2003, cujo valor máximo é de 15%.

Estes resultados podem ser justificados pela maior massa específica dos painéis e pela menor adesão da resina entre as partículas, que resultaram na liberação das tensões de compressão, geradas no processo de prensagem, durante o maior tempo de imersão em água.

Os desempenhos dos tratamentos para o inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, estão apresentados na FIGURA 21.

FIGURA 21 – VALORES MÉDIOS DE INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 HORAS) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312:2003



FONTE: A autora (2015).

Os resultados de absorção e inchamento em espessura obtidos neste estudo foram compatíveis quando comparados com resultados obtidos por alguns pesquisadores. Trianoski et al. (2016) encontraram, para painéis aglomerados de *Pinus taeda*, valores de absorção de água e inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, de 98,43% e 31,41%, respectivamente. Cunha et al. (2014) encontraram, para três espécies de *Eucalyptus*, valores médios de 39,14% e 17,10%, respectivamente.

Na TABELA 13 são apresentados os resultados da análise fatorial dos efeitos da massa específica sobre as propriedades físicas dos painéis.

TABELA 13 – VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA - EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA

Massa Específica Nominal (g/cm³)	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
0,55	29,83 ^c (52,26)	71,29 ^c (26,02)	4,52 ^b (40,78)	10,79 ^a (21,83)
0,70	16,96 ^b (44,36)	47,21 ^b (31,15)	3,98 ^a (40,90)	12,30 ^b (26,68)
0,85	9,52 ^a (32,12)	32,75 ^a (31,45)	4,28 ^{ab} (32,56)	13,30 ^c (30,34)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: AA 2h e AA 24h: absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; IE 2h e IE 24h: inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Tanto para absorção de água após 2 horas, quanto para após 24 horas de imersão, o aumento na massa específica dos painéis contribuiu para a redução dos valores médios de absorção de água, sendo as diferenças estatisticamente significativas. Este resultado pode ser atribuído à maior compactação das partículas no painel, dificultando a entrada de água na sua estrutura mais fechada, conforme os conceitos apresentados por Moslemi (1974) e Maloney (1993).

Já com relação ao inchamento em espessura, os resultados foram diferentes após 2 e 24 horas de imersão em água. Para 2 horas de imersão, não foi constatada influência direta da massa específica sobre o inchamento em espessura. Por outro lado, após 24 horas de imersão, os valores médios de inchamento em espessura foram estatisticamente diferentes, e superiores, para painéis com maiores massas específicas. Esta tendência de resultados também foi observada por Trianoski et al. (2014). Corroborando com estes resultados, Moslemi (1974), Kelly (1977) e Maloney (1993) afirmaram que, os painéis com maior massa específica são compostos de maior quantidade de partículas de madeira que exercem dois efeitos concomitantes sobre o inchamento em espessura. Sendo o primeiro, o inchamento higroscópico das partículas de madeira e, segundo, a liberação de maiores tensões de compressão geradas durante a prensagem dos painéis. Dacosta (2004) afirmou que o aumento na massa específica resulta em painéis com menor absorção de água e maior inchamento em espessura.

Os resultados obtidos neste estudo foram compatíveis, quando comparados a algumas referências apresentadas na literatura. Trianoski et al. (2014), avaliando painéis aglomerados de *Toona ciliata*, produzidos com diferentes massas específicas (0,6, 0,7 e 0,8 g/cm³) e teores de resina (6% e 8%), encontraram valores de absorção de água, após 2 horas de imersão, de 10,89% a 16,84%, e de 32,33% a 50,59%, após 24 horas de imersão, respectivamente. Os valores de inchamento em espessura, após 2 horas de imersão, variaram de 6,22% a 7,34%, e de 12,26% a 17,38%, para 24 horas, respectivamente. Iwakiri et al. (2004), estudando diferentes densidades (0,6 e 0,8 g/cm³) e teores de resina (6% e 8%), obtiveram resultados de 15,32% a 66,59% para absorção de água, e de 8,57% a 25,62% para inchamento em espessura.

A influência do fator teor de resina sobre a absorção de água, após 2 e 24h de imersão, e inchamento em espessura, após 2h e 24 horas, está apresentada na TABELA 14.

TABELA 14 – VALORES MÉDIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E INCHAMENTO EM ESPESSURA – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA

Teor de Resina (%)	AA 2h (%)	AA 24h (%)	IE 2h (%)	IE 24h (%)
8	28,08 ^b (60,94)	65,73 ^b (32,36)	5,73 ^b (26,47)	15,63 ^c (19,03)
10	14,54 ^a (43,21)	44,08 ^a (37,17)	3,73 ^a (29,33)	11,56 ^b (15,94)
12	13,68 ^a (55,80)	41,43 ^a (45,33)	3,34 ^a (34,57)	9,21 ^a (16,23)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: AA 2h e AA 24h: absorção de água após 2 e 24 horas de imersão; IE 2h e IE 24h: inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados de absorção de água, após 2 e 24 horas de imersão, indicam que o aumento no teor de resina contribuiu para a redução dos valores médios desta propriedade. Os painéis produzidos com 10 e 12% de resina apresentaram médias estatisticamente iguais entre si, e inferiores, em relação aos painéis produzidos com 8% de resina.

O mesmo comportamento foi verificado para o inchamento em espessura, mas com a diferença estatística entre os três tratamentos com diferentes teores de resina, para os ensaios após 24 horas de imersão.

Os resultados confirmam os conceitos relatados por Melo (2013), Weber; Iwakiri (2015) e Kelly (1977) de que, a aplicação de maior quantidade de resina aumenta o recobrimento das partículas e sua impermeabilização, reduzindo a absorção de água e, conseqüentemente, o inchamento higroscópico da madeira. Albuquerque (2002) menciona também que o aumento no teor de resina melhora a adesão entre as partículas, dificultando a interação da água com o material lenhoso.

Resultados semelhantes a este estudo foram também encontrados por Lehmann (1974), Brito (1984), Keinert Jr; Matos (1987) e Iwakiri et al., (2000) em estudos com diferentes percentuais de resina.

3.1.2 Propriedades mecânicas dos painéis

3.1.2.1 Flexão estática

Na TABELA 15 estão apresentados os valores médios de módulo de elasticidade e módulo de ruptura para painéis produzidos com diferentes massas específicas e teores de resina.

TABELA 15 – VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA

TRATAMENTO	MOE (MPa)	MOR (MPa)
T1 (ME55/R8)	1.267 ^a (18,31)	6,55 ^a (16,49)
T2 (ME70/R8)	2.290 ^b (26,66)	12,16 ^b (29,76)
T3 (ME 85/R8)	3.298 ^{de} (12,64)	19,66 ^d (12,50)
T4 (ME55/R10)	1.590 ^a (14,45)	8,33 ^a (16,70)
T5 (ME70/R10)	2.870 ^{cd} (18,76)	16,18 ^c (19,87)
T6 (ME85/R10)	3.677 ^{ef} (16,30)	21,38 ^d (16,36)
T7 (ME55/R12)	1.412 ^a (22,83)	7,23 ^a (25,01)
T8 (ME70/R12)	2.677 ^{bc} (11,82)	14,25 ^{bc} (12,92)
T9 (ME85/R12)	4.024 ^f (10,96)	22,00 ^d (12,69)

FONTE: A autora (2015).

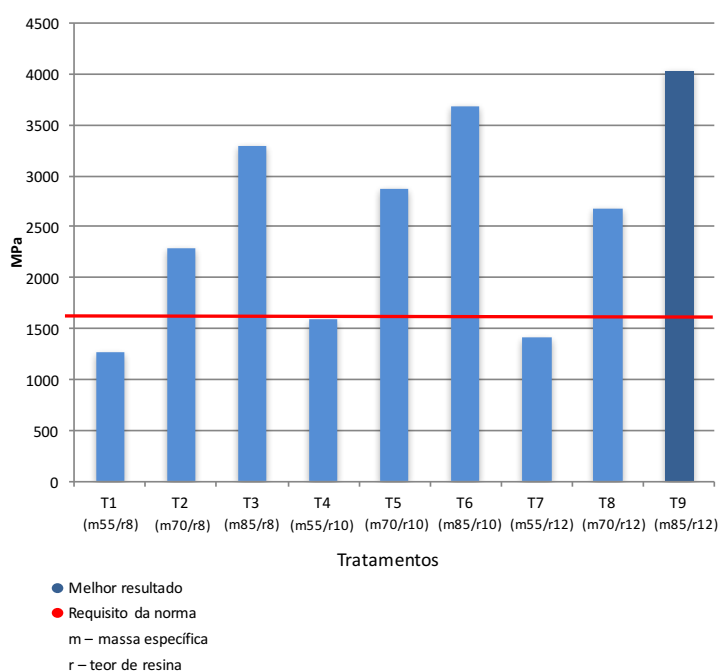
NOTAS: ME: massa específica do painel; R: teor de resina; MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de módulo de elasticidade variaram de 1.267 MPa, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1), a 4.024 MPa, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% de resina (T9). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% (T9) de resina apresentaram média estatisticamente igual, em comparação aos painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e 10% (T6) de resina, e superior, em relação aos demais tratamentos.

Para o módulo de ruptura, os valores médios variaram de 6,55 MPa, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1), a 22,00 MPa, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% de resina (T9). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% (T9) de resina apresentaram média estatisticamente igual em comparação aos painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e teor de resina de 8% (T3) e 10% (T6), e superior, em relação aos demais tratamentos.

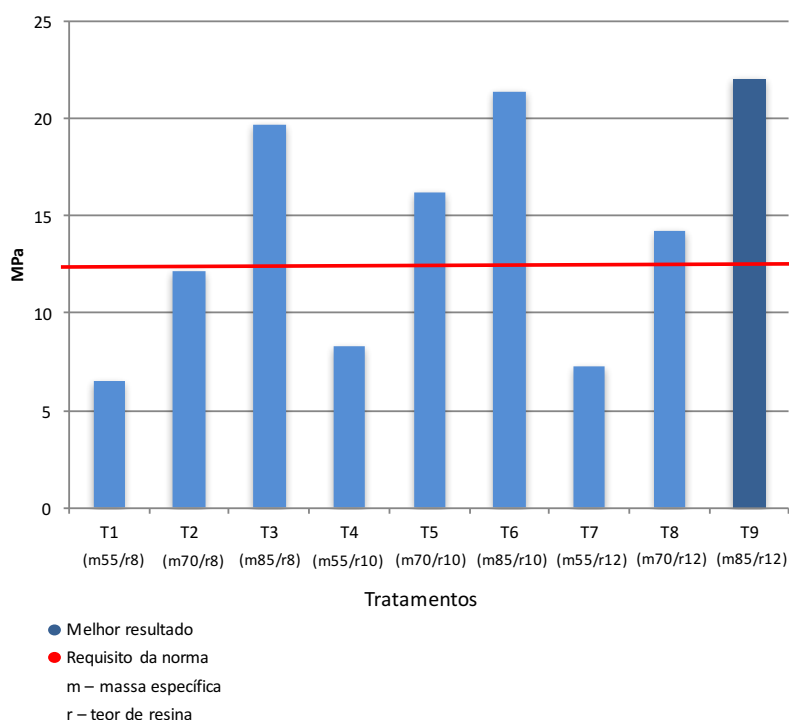
Nas FIGURAS 22 e 23 são apresentados os desempenhos dos tratamentos nos ensaios de MOE e MOR, considerando os valores de referência da norma EN 312.

FIGURA 22 – VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312: 2003



FONTE: A autora (2015).

FIGURA 23 – VALORES MÉDIOS DE MÓDULO DE RUPTURA PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312:2003



FONTE: A autora (2015).

Para a norma EN 312:2003 os valores mínimos exigidos para painéis de uso interno e também móveis, com espessuras variando de 13 a 20 mm, são de 1.600 MPa para o MOE e 13 MPa para o MOR.

Os tratamentos que atenderam o requisito mínimo para o módulo de elasticidade foram os painéis produzidos com massa específica de 0,70 e 0,85 g/cm³ e teor de resina de 8, 10 e 12% (T2, T3, T5, T6, T8 e T9). Para o módulo de ruptura, os painéis produzidos com massa específica de 0,70 e 0,85 g/cm³ e 10 e 12% de resina (T5, T6, T8 e T9), além de painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e 8% de resina (T3), foram os que atenderam o requisito mínimo da norma EN 312:2003, de 13 MPa. Portanto, os tratamentos com densidade de 0,55 g/cm³, independentes dos teores de resina usados, não tiveram desempenhos satisfatórios no MOE e MOR.

Dacosta (2004), trabalhando com painéis de madeira aglomerada fabricados com resíduos do processamento mecânico de *Pinus elliottii*, com massa específica nominal de 0,6 e 0,7 g/cm³ e teores 8% e 12% de resina UF, obteve para o MOE valores entre 700 MPa a 1.183 MPa e 6,87 MPa a 9,72 MPa para o MOR.

Cunha et al. (2014) encontraram, para painéis de três espécies de *Eucalyptus*, valores médios de 1.896 MPa e 12,90 MPa, para módulo de elasticidade e ruptura, respectivamente. Trianoski et al. (2016) encontraram, para painéis de *Pinus taeda*, valores médios de MOE e MOR de 1.751 MPa e 13,94 MPa, respectivamente.

Weber (2011) trabalhando com painéis produzidos com resíduos de processamento de MDP, compensados e MDF, com proporções de 6 e 10% de resina e massa específica nominal de 0,80 g/cm³, obteve valores de MOE de 1.185 MPa, 1.429 MPa e 1.129 MPa, respectivamente. Os valores obtidos para o MOR foram de 6,47 MPa, 6,88 MPa e 9,76 MPa, respectivamente.

Iwakiri et al. (2008) estudando a influência da densidade, sobre as propriedades mecânicas em painéis produzidos com partículas de *Pinus spp.*, coletadas diretamente na linha de produção, com densidades nominais de 0,60 a 0,90 g/cm³ e 8% de teor de resina UF, conseguiram, para os ensaios de flexão estática, valores médios entre 1.185 MPa a 2.201 MPa para o MOE e 9,02 MPa a 18,43 MPa para o MOR.

Pode-se, então, verificar que os painéis produzidos neste estudo apresentaram bons resultados em relação aos estudos dos pesquisadores acima citados.

Na TABELA 16 estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de flexão estática para o efeito do fator massa específica.

TABELA 16 – VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA

Massa Específica Nominal (g/cm³)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
0,55	1.423 ^a (20,47)	7,37 ^a (21,76)
0,70	2.612 ^b (21,05)	14,20 ^b (23,67)
0,85	3.666 ^c (15,47)	21,02 ^c (14,52)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados médios variaram de 1.423 MPa a 3.666 MPa para o MOE e de 7,37 MPa a 21,02 MPa para o MOR correspondendo, respectivamente, aos tratamentos com 0,55 g/cm³ e de 0,85 g/cm³. Os resultados demonstraram que, tanto para o MOE quanto para o MOR, o aumento na massa específica do painel resultou no aumento dos valores médios dessas propriedades, sendo as diferenças estatisticamente significativas.

Os resultados corroboram com os estudos de Iwakiri et al. (2008), Albuquerque (2002) e Trianoski et al. (2014), onde foram verificados aumentos significativos das propriedades mecânicas, com o aumento na massa específica do painel.

Para Albuquerque (2002) MOE e MOR são afetados de modo similar por vários parâmetros de processamento. Fatores como o aumento da massa específica do painel e teor de resina mais elevado, afetam diretamente os valores obtidos de MOE e MOR. (KELLY, 1977).

Na TABELA 17 são apresentados os resultados da análise fatorial dos efeitos do teor de resina sobre as propriedades de flexão estática dos painéis.

TABELA 17 – VALORES MÉDIOS DE FLEXÃO ESTÁTICA – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA

Teor de Resina (%)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
8	2.285 ^a (41,38)	12,79 ^a (46,86)
10	2.712 ^b (36,47)	15,30 ^b (39,91)
12	2.704 ^b (42,00)	14,49 ^b (44,61)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: MOE: Módulo de elasticidade; MOR: Módulo de ruptura; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados variaram de 2.285 MPa a 2.712 MPa para o MOE e de 12,79 MPa a 15,30 MPa para o MOR, correspondendo aos teores de resina 8% e 10%. O aumento no teor de resina afetou significativamente os valores médios de módulo de elasticidade e de ruptura, apenas de 8% para 10%. Não foram constatadas diferenças significativas entre os painéis produzidos com 10% e 12% de resina. Por esta razão, os aspectos relativos ao custo benefício passam a ser fator importante na definição da quantidade de resina a ser aplicada sobre as partículas.

Albuquerque (2002), Dacosta (2004) e Trianoski et al. (2014) relatam os efeitos positivos do teor de resina nas propriedades mecânicas dos painéis aglomerados. Albuquerque (2002) também menciona que teores de resina acima de 10% não influenciam significativamente no aumento da propriedade de MOE, justificando os resultados obtidos neste estudo.

3.1.2.2 Ligação interna

Os valores médios da ligação interna para painéis com diferentes massas específicas e teores de resina são apresentados na TABELA 18.

TABELA 18 – VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA

TRATAMENTO	LI (MPa)
T1 (ME55/R8)	0,53 ^a (14,26)
T2 (ME70/R8)	0,60 ^{abc} (10,08)
T3 (ME 85/R8)	0,68 ^{bcd} (9,89)
T4 (ME55/R10)	0,58 ^{ab} (18,15)
T5 (ME70/R10)	0,75 ^{def} (13,77)
T6 (ME85/R10)	0,83 ^f (16,84)
T7 (ME55/R12)	0,63 ^{abc} (21,57)
T8 (ME70/R12)	0,79 ^{ef} (19,86)
T9 (ME85/R12)	0,68 ^{cde} (13,38)

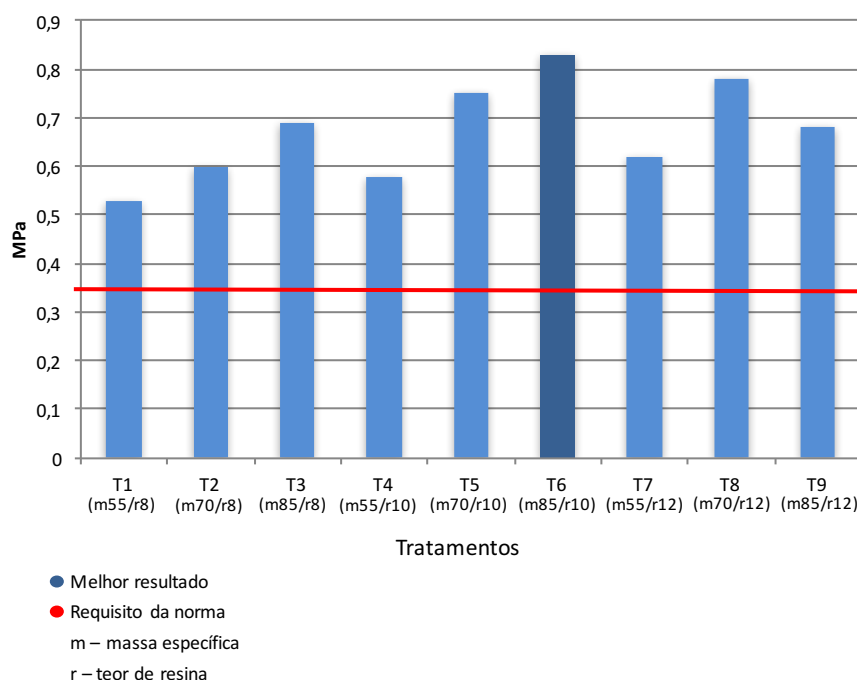
FONTE: A autora (2015).

NOTAS: ME: massa específica do painel; R: teor de resina; LI: Ligação interna; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados de ligação interna variaram entre 0,53 MPa, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1), a 0,83 MPa, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 10% de resina (T6). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 10% de resina apresentaram média estatisticamente igual, em comparação aos painéis com massa específica de 0,70 g/cm³ e teor de resina de 10% (T5) e 12% (T8), e superior, em relação aos demais tratamentos.

Na FIGURA 24 é possível analisar os desempenhos dos tratamentos em relação aos requisitos mínimos propostos pela norma EN 312.

FIGURA 24 – VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA EN 312: 2003



FONTE: A autora (2015).

A norma exige, como requisito mínimo, 0,35 MPa de resistência na ligação interna para painéis aglomerados, portanto, pode-se afirmar que todos os tratamentos avaliados foram aprovados.

Dacosta (2004) obteve valores entre 0,11 MPa a 0,22 MPa para os painéis produzidos com resíduos de processamento de *Pinus elliottii* (Engelm) com 0,6 e 0,7 g/cm³ e teores de 8 e 12% de resina. Weber (2011) obteve, em seu estudo, valores entre 0,26 MPa a 0,56 MPa, para painéis produzidos com resíduos de painéis de *Pinus sp.* com densidade de 0,80 g/cm³ e teor de resina de 10%. Em pesquisa realizada por Iwakiri et al. (2008), com painéis produzidos com *Pinus spp.*, densidade entre 0,60 a 0,90 g/cm³ e teor de 8% de resina UF, os valores médios para o referido ensaio foram de 0,57 MPa a 0,76 MPa. Observa-se, portanto, que os valores obtidos foram superiores em relação às pesquisas citadas.

Os resultados da influência da massa específica na propriedade de ligação interna estão apresentados na TABELA 19.

TABELA 19 – VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA

Massa Específica Nominal (g/cm³)	LI (MPa)
0,55	0,58 ^a (19,58)
0,70	0,71 ^b (16,20)
0,85	0,73 ^b (17,18)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: LI: Ligação interna; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de ligação interna variaram de 0,58 MPa, para painéis com massa específica 0,55 g/cm³, a 0,73 MPa, para painéis com massa específica 0,85 g/cm³. Os painéis com massa específica nominal de 0,70 e 0,85 g/cm³, apresentaram médias estatisticamente iguais entre si, e superiores, em relação aos painéis com massa específica de 0,55 g/cm³.

O aumento da massa específica resultou em valores superiores para a propriedade de ligação interna, corroborando com a afirmação de Iwakiri et al. (2008). Kelly (1977) menciona que a maior compactação das partículas, durante o processo de prensagem, contribui para o aumento da adesão entre as partículas, o que também justifica os resultados obtidos.

Na TABELA 20 pode-se analisar a influência do fator teor de resina na propriedade de ligação interna.

TABELA 20 – VALORES MÉDIOS DE LIGAÇÃO INTERNA – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA

Teor de Resina (%)	LI (MPa)
8	0,60 ^a (15,09)
10	0,72 ^b (21,85)
12	0,70 ^b (17,71)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: LI: Ligação interna; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados médios variaram de 0,60 MPa, para painéis com 8% de resina, a 0,72 MPa, para painéis com 10% de resina. O aumento no teor de resina de 8% para 10% elevou a resistência da propriedade de ligação interna, com médias estatisticamente diferentes entre si. Não ocorreram diferenças estatísticas entre os teores de resina de 10% e 12%, na comparação das médias. A influência do teor de resina no aumento da ligação interna deve-se a uma consolidação mais efetiva no miolo do painel na ligação entre partículas.

Os resultados apresentados nas TABELAS 19 e 20 confirmaram que a ligação interna, ou resistência à tração perpendicular, tem seus valores elevados quando se aumenta a densidade do painel e o teor de resina. (ALBUQUERQUE, 2002; DACOSTA, 2004).

3.1.2.3 Arrancamento de parafuso

Os resultados médios do arrancamento de parafusos na superfície e topo dos painéis produzidos com diferentes massas específicas e teores de resina são apresentados na TABELA 21.

TABELA 21 – VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO PARA A INTERAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA ESPECÍFICA E TEOR DE RESINA

TRATAMENTO	CARGA (N)	
	SUPERFÍCIE	TOPO
T1 (ME55/R8)	534 ^a (25,83)	550 ^a (28,01)
T2 (ME70/R8)	915 ^b (30,93)	907 ^{bc} (26,84)
T3 (ME 85/R8)	1.500 ^c (10,75)	1.524 ^d (13,11)
T4 (ME55/R10)	621 ^a (20,91)	623 ^{ab} (24,30)
T5 (ME70/R10)	1.093 ^b (22,05)	1.122 ^c (26,46)
T6 (ME85/R10)	1.526 ^c (17,38)	1.771 ^{de} (20,13)
T7 (ME55/R12)	608 ^a (17,89)	685 ^{ab} (22,54)
T8 (ME70/R12)	1.076 ^b (19,52)	1.172 ^c (19,79)
T9 (ME85/R12)	1.682 ^c (10,57)	1.861 ^e (12,05)

FONTE: A autora (2015).

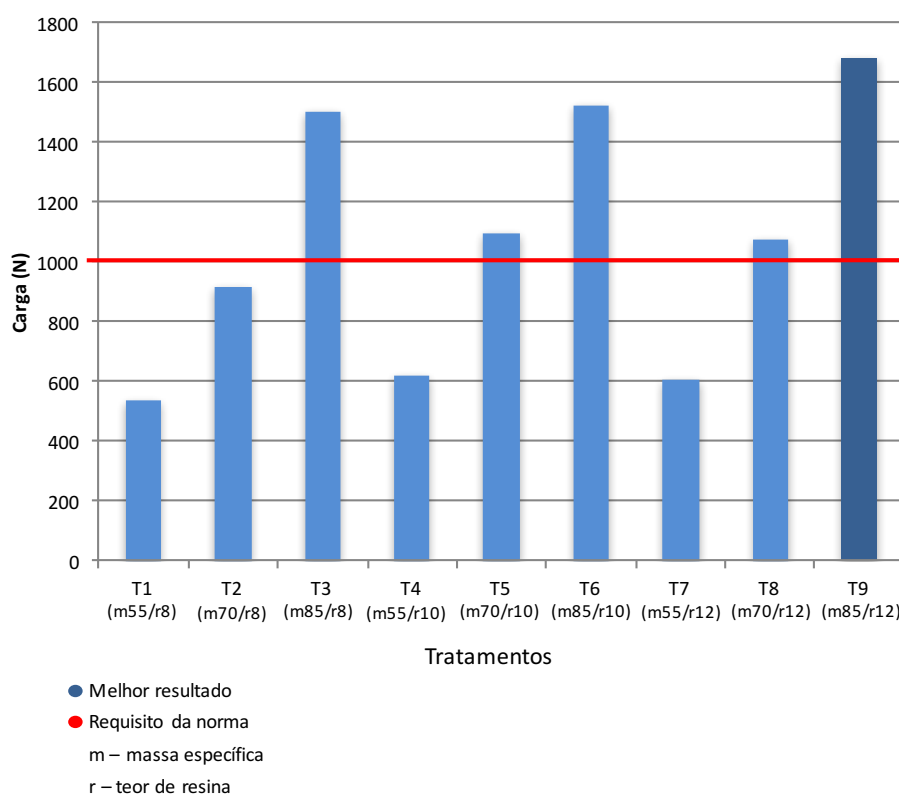
NOTAS: ME: massa específica do painel; R: teor de resina; Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios do teste de arrancamento de parafuso na superfície variaram de 534 N, para painéis com massa específica 0,55 g/cm³ e 8% de teor de resina (T1), a 1.682 N, para painéis com massa específica 0,85 g/cm³ e 12% de teor de resina (T9). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e teor de resina de 12% (T9) apresentaram média estatisticamente igual, em comparação aos painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e teor de resina de 8% (T3) e 10% (T6), e superior, em relação aos demais tratamentos.

Para o arrancamento de parafusos no topo, os valores médios variaram de 550 N, para painéis produzidos com massa específica de 0,55 g/cm³ e 8% de resina (T1), a 1.861 N, para painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e 12% de resina (T9). Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e teor de resina de 12% (T9) apresentaram média estatisticamente igual, em comparação aos painéis com massa específica de 0,85 g/cm³ e teor de resina de 10% (T6), e superior, em relação aos demais tratamentos.

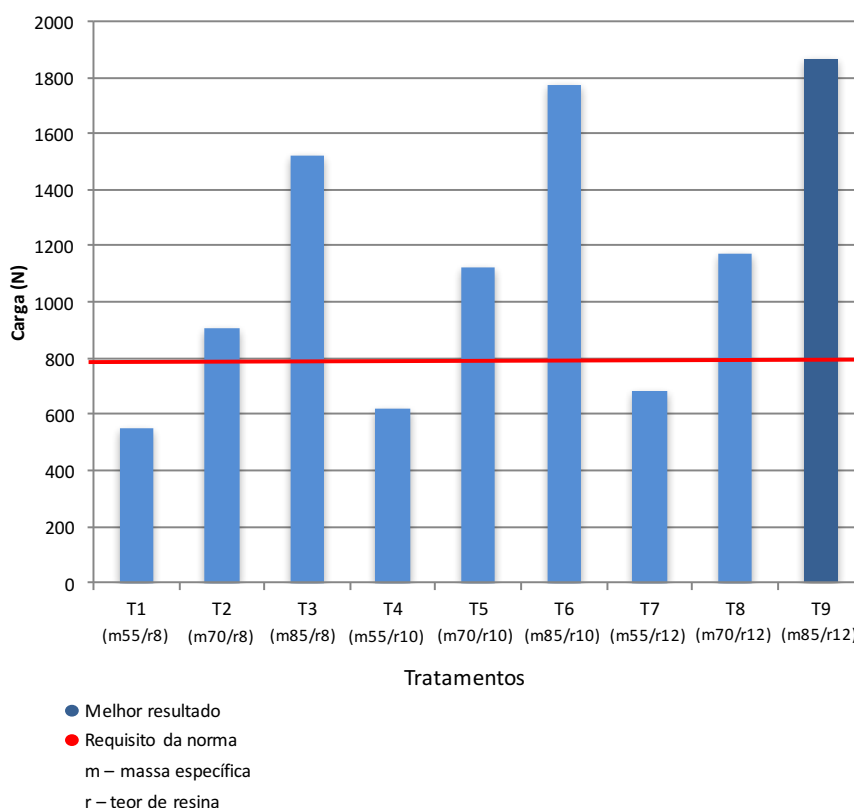
O requisito mínimo estabelecido pela norma ABNT NBR 14810-2:2006 para arrancamento de parafusos na superfície do painel é de 1.020 N e de 800 N para o topo do painel. Os resultados obtidos foram comparados a esses requisitos, conforme observa-se nas FIGURAS 25 e 26.

FIGURA 25 – VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (SUPERFÍCIE) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2



FONTE: A autora (2015).

FIGURA 26 – VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (TOPO) PARA PAINÉIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA COM REQUISITO DA NORMA NBR 14810-2



FONTE: A autora (2015).

Os painéis produzidos com massa específica de 0,85 g/cm³ e com 8, 10 e 12% de resina (T3, T6, T9), e os painéis produzidos com massa específica de 0,70 g/cm³ e com 10 e 12% de resina (T5 e T8), atenderam o requisito mínimo de 1.020 N estabelecido pela norma ABNT NBR 14810-2:2006 para arrancamento de parafusos na superfície do painel. Já, para o arrancamento de parafusos no topo, os painéis produzidos com massa específica de 0,70 e 0,85 g/cm³ e teor de resina de 8, 10 e 12%, atenderam o requisito mínimo de 800 N conforme estabelecido pela referida norma.

Os resultados mostram um aumento significativo da resistência ao arrancamento de parafusos, na superfície e topo do painel, com o aumento na massa específica e no teor de resina dos painéis. A mesma tendência também foi observada nos estudos de Trianoski (2014), Dacosta (2004), Maciel (2001) e Brito (1984).

Os resultados obtidos foram compatíveis, em comparação a algumas pesquisas apresentadas na literatura. Trianoski et al. (2016) encontraram, para painéis aglomerados de *Pinus taeda* com massa específica de 0,70 g/cm³, valores na faixa de 990 N a 1.137 N para a superfície, e de 824 N a 1.042 N para o topo dos painéis. Cunha et al. (2014) encontraram, para painéis produzidos com madeiras de três espécies de *Eucalyptus*, com massa específica de 0,70 g/cm³, valores de resistência ao arrancamento de parafusos na faixa de 915 N a 1.472 N para a superfície, e de 1.042 N a 1.351 N para o topo. Weber (2011) encontrou, para painéis produzidos com resíduos de painéis compensados, MDP e MDF, com proporções de 6 e 10% de resina e massa específica nominal de 0,80 g/cm³, valores médios de arrancamento de parafuso de 723 N a 1.200 N na superfície e de 591 N a 1.345 N no topo dos painéis.

A TABELA 22 apresenta os resultados médios dos ensaios de arrancamento de parafuso nas duas posições, superfície e topo, sob o efeito do fator massa específica.

TABELA 22 – VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO – EFEITO DO FATOR MASSA ESPECÍFICA

Massa Específica Nominal (g/cm ³)	CARGA (N)	
	SUPERFÍCIE	TOPO
0,55	588 ^a (21,86)	619 ^a (25,67)
0,70	1.028 ^b (26,64)	1.067 ^b (25,98)
0,85	1.569 ^c (13,79)	1.719 ^c (17,38)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de arrancamento de parafuso na posição superfície variaram de 588 N, para painéis com massa específica $0,55 \text{ g/cm}^3$, a 1.569 N, para painéis com massa específica $0,85 \text{ g/cm}^3$. Para a posição topo, os valores médios variaram de 619 N, para painéis com massa específica $0,55 \text{ g/cm}^3$, a 1.719 N, para painéis com massa específica $0,85 \text{ g/cm}^3$. Os painéis com massa específica nominal $0,85 \text{ g/cm}^3$ apresentaram médias estatisticamente diferentes, e superiores, em relação aos demais painéis, para ambas as posições testadas.

A tendência de aumento da resistência ao arrancamento de parafusos na superfície e topo do painel, com o aumento na massa específica, corrobora com os estudos de Dacosta (2004) e Iwakiri et al. (2008).

Na TABELA 23 estão apresentados os resultados dos efeitos do teor de resina sobre os valores médios de arrancamento de parafusos nas posições superfície e topo dos painéis.

TABELA 23 – VALORES MÉDIOS DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO – EFEITO DO FATOR TEOR DE RESINA

TEOR DE RESINA (%)	CARGA (N)	
	SUPERFÍCIE	TOPO
8	983 ^a (45,66)	993 ^a (45,56)
10	1.080 ^{ab} (40,35)	1.172 ^b (46,88)
12	1.122 ^b (42,38)	1.239 ^b (42,66)

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: Valores entre parênteses: coeficiente de variação em %; Médias seguidas pela mesma letra sobrescrita na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os valores médios de arrancamento de parafuso na posição superfície variaram de 983 N, para painéis com 8% de teor de resina, a 1.122 N, para painéis com 12% de teor de resina. Para a posição topo, os valores médios variaram de 993 N, para painéis com 8% de teor de resina, a 1.239 N, para para painéis com 12% de teor de resina. Percebe-se um incremento no valor da resistência ao arrancamento de parafuso na proporção do aumento do teor de resina empregado na fabricação dos painéis. No entanto, não foram constatadas diferenças significativas entre os painéis produzidos com 10% e 12% de resina.

No estudo de Dacosta (2004) também se observou o aumento da resistência das chapas com o aumento do teor de adesivo. A mesma tendência foi observada por Brito (1984), Maciel (2001) e Trianoski (2014).

3.2 CONSIDERAÇÕES

A TABELA 24 apresenta o resumo dos desempenhos dos tratamentos dos painéis com diferentes teores de resina e massas específicas produzidos com a mistura, em partes iguais, de partículas de descarte de móveis e partículas industriais de *Pinus* spp., considerando as exigências das normas, ou padrões comerciais citados.

TABELA 24 – RESUMO DOS DESEMPENHOS DOS TRATAMENTOS NOS ENSAIOS DE PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS PRODUZIDOS COM DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS E TEORES DE RESINA

TRATAMENTO	ENSAIOS FÍSICOS E MECÂNICOS								
	IE 2h	IE 24h	AA 2h	AA 24h	MOR	MOE	LI	APS	APT
T1 (ME55/R8)	●	●	⊙	⊙	⊙	⊙	●	⊙	⊙
T2 (ME70/R8)	●	⊙	●	⊙	⊙	●	●	●	●
T3 (ME 85/R8)	●	⊙	●	●	●	●	●	●	●
T4 (ME55/R10)	●	●	●	⊙	⊙	⊙	●	⊙	●
T5 (ME70/R10)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
T6 (ME85/R10)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
T7 (ME55/R12)	●	●	●	⊙	⊙	⊙	●	⊙	●
T8 (ME70/R12)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
T9 (ME85/R12)	●	●	●	●	●	●	●	●	●

FONTE: A autora (2015).

NOTAS: ME: massa específica do painel; R: teor de resina; IE: Inchamento em Espessura; AA: Absorção de Água; MOR: Módulo de ruptura; MOE: Módulo de Elasticidade; LI: Ligação Interna; APS: Arrancamento de Parafuso na Superfície; APT: Arrancamento de Parafuso no Topo.

LEGENDA:

- MELHORES RESULTADOS
- APROVADOS PELAS NORMAS
- ⊙ REPROVADOS

O tratamento com massa específica de $0,55 \text{ g/cm}^3$ e 8% de teor de resina (T1) foi aprovado nos ensaios de inchamento em espessura, após 2 e 24 horas de imersão, porém, apresentou o pior desempenho entre os tratamentos para a absorção de água (2 e 24 horas). Para as propriedades mecânicas, com exceção do ensaio de ligação interna, não atendeu os requisitos das normas, inviabilizando sua utilização para painéis aglomerados.

O tratamento com massa específica de $0,70 \text{ g/cm}^3$ e 8% de teor de resina (T2) não foi aprovado pelos parâmetros normativos nos ensaios de inchamento em espessura, após 24 horas de imersão em água, no ensaio de absorção de água, após 24 horas de imersão (*Forest Products Laboratory* - 1987) e no MOR, inviabilizando o seu uso em painéis aglomerados.

O tratamento com massa específica de $0,85 \text{ g/cm}^3$ e 8% de teor de resina (T3) não foi aprovado no ensaio de inchamento em espessura, após 24 horas de imersão, restringindo o seu uso em painéis que exijam boa estabilidade dimensional, no entanto, foi um tratamento com boas propriedades mecânicas.

O tratamento com massa específica de $0,55 \text{ g/cm}^3$ e 10% de teor de resina (T4) não apresentou boas propriedades mecânicas, pois não foi aprovado nos ensaios de MOR, MOE e arrancamento de parafuso na superfície. Quanto à estabilidade dimensional, o painel absorveu mais de 50% de água, após 24 horas de imersão. Seu uso, portanto, não é adequado para a manufatura de painéis aglomerados.

O tratamento com massa específica de $0,70 \text{ g/cm}^3$ e 10% de teor de resina (T5) foi aprovado em todos os ensaios realizados, sendo adequado para a produção de painéis que exijam boa estabilidade dimensional e propriedades mecânicas.

Com $0,85 \text{ g/cm}^3$ de densidade e 10% de teor de resina, o tratamento T6 obteve ótimos resultados em propriedades físicas e mecânicas, sendo adequado para a produção de painéis.

O tratamento T7, com massa específica de $0,55 \text{ g/cm}^3$ e 12% de teor de resina, não foi aprovado nas propriedades mecânicas MOR, MOE e arrancamento de parafuso na posição superfície, além de absorver mais de 50% de água, após 24 horas de imersão. Seu uso, portanto, não é adequado para a manufatura de painéis aglomerados.

O tratamento T8, com massa específica de $0,70 \text{ g/cm}^3$ e 12% de teor de resina, foi aprovado em todos os ensaios, sendo, portanto, adequado para a produção de painéis aglomerados.

O tratamento com massa específica de $0,85 \text{ g/cm}^3$ de densidade e 12% de teor de resina (T9) foi o painel que obteve os melhores resultados do estudo em 6 dos 9 ensaios realizados, seu uso é adequado para a produção de painéis aglomerados.

4 CONCLUSÕES

Com a finalização da segunda fase, pode-se apresentar as seguintes conclusões, acerca do uso de 50% partículas de descarte de móveis misturadas com 50% de partículas industriais de *Pinus* spp. para a produção de painéis aglomerados, considerando as influências das diferentes massas específicas e teores de resina empregados:

- Com base nos resultados obtidos é possível obter painéis aglomerados, compostos por partes iguais de partículas de descarte de móveis e partículas de *Pinus*, com massas específicas de 0,70 e 0,85 g/cm³ e teores de resina de 10 e 12%, que atendem os requisitos das normas EN e NBR;
- O aumento na massa específica contribuiu para melhorar as propriedades físicas e mecânicas dos painéis;
- O aumento no teor de resina de 8 para 10 e 12% contribuíram para reduzir a absorção de água e inchamento em espessura. Por outro lado, o aumento nos valores das propriedades mecânicas foi constatado apenas de 8 para 10% de resina. O aumento no teor de resina de 10 para 12% não interferiu na qualidade dos painéis produzidos, indicando a possibilidade de uso de 10% de resina devido à melhor relação custo benefício;
- Os painéis produzidos com massa específica de 0,70 e 0,85 g/cm³, e teores de resina de 10% e 12%, apresentaram os melhores resultados. No entanto, considera-se o melhor tratamento, os painéis com 0,70 g/cm³ e 10% resina, em função da relação custo benefício e aplicação para uso moveleiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseada na pesquisa realizada, ainda pode-se considerar que:

- Além dos benefícios resultantes da redução no uso de madeiras provenientes de plantios florestais, o uso de partículas geradas a partir de descarte de móveis para produção de painéis aglomerados pode impactar na redução dos custos de energia para secagem das partículas, tendo em vista que os materiais provenientes de descartes de móveis possuem teor de umidade de equilíbrio com o ambiente na faixa de 10 a 12%;
- O tratamento com a mistura, em partes iguais, de partículas de descarte de móveis e *Pinus* spp., com 10% de teor de resina, foi realizado nas duas fases estudadas, sobre isto pode-se afirmar que, os resultados se mantiveram similares nas propriedades de ligação interna, arrancamento de parafuso, absorção de água, após 2 e 24 horas de imersão, e inchamento, após 2 horas de imersão. Houve uma melhora no inchamento, após 24 horas de imersão, de 15,9% para 11,9% na segunda fase do experimento. Assim, como os resultados de MOE e MOR subiram de 1.689 MPa para 2.870 MPa e de 11,97 MPa para 16,18 MPa, respectivamente;
- É possível obter painéis para aplicações estruturais, a partir da mistura de partículas de descarte de móveis e partículas industriais de *Pinus* spp., trabalhando-se com a maior massa específica ($0,85 \text{ g/cm}^3$) e teores de 10 e 12% de resina;
- Os painéis com massa específica de $0,55 \text{ g/cm}^3$, que não foram aprovados nos requisitos das normas, podem ser promissores para novas finalidades, que não requeiram alta resistência, como em divisórias de ambiente, forros, molduras e materiais de acabamento na construção civil;
- Com a prospecção de crescimento do setor moveleiro, utilizando painéis como principal matéria-prima, existe a possibilidade do material de descarte se tornar mais homogêneo, contribuindo, sobretudo, na padronização das partículas;

- A utilização de descarte de móveis permite a redução do lixo urbano e sua reintrodução como matéria-prima na indústria de aglomerados, favorecendo a prática do gerenciamento responsável de resíduos sólidos, na observância da lei 12.305;
- O uso de partículas oriundas do descarte de móveis, para o emprego em novos painéis aglomerados, está em consonância ao apelo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, favorecendo o uso de tecnologias mais limpas, a redução do consumo energético, a redução do consumo de florestas plantadas e o sequestro de carbono. Esta prática de desenvolvimento sustentável ocorre ao mesmo tempo que se propicia a manutenção da capacidade produtiva das empresas e a implantação da logística reversa.

CONCLUSÕES FINAIS

Baseada na pesquisa realizada, ainda pode-se concluir que:

- As diferenças em termos de composição do material, da exposição ao meio ambiente e tempo de uso dos móveis no final do seu ciclo de vida, não afetaram a qualidade dos painéis aglomerados produzidos;
- O processo de aproveitamento de móveis descartados para a obtenção e geração de partículas (que incluem a coleta, eliminação de metais, trituração, moagem, secagem e classificação), bem como a própria manufatura dos painéis, é viável tecnicamente, pois não demanda modificações no processo industrial convencional de painéis aglomerados;
- Proporções de 10, 25 e 50% de misturas de partículas de descarte de móveis com partículas industriais de *Pinus* spp., bem como massas específicas de 0,70 e 0,85 g/cm³ e teores de resina de 10 e 12%, proporcionam painéis aglomerados com propriedades físicas e mecânicas em atendimento às normas NBR e EN.

RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados obtidos recomenda-se para estudos futuros:

- Avaliar possíveis produtos para os finos de partículas de descarte de móveis segregados no classificador como nova fonte de matéria-prima reciclada;
- Produzir painéis com partículas de descarte de móveis que ficaram mais tempo sob o efeito da ação da degradação climática e da contaminação com outros materiais durante a estocagem em pontos de coleta ou em recicladoras, a fim de avaliar estes efeitos nas propriedades físicas e mecânicas;
- Avaliar a viabilidade econômica do uso de partículas de descarte de móveis na produção de painéis aglomerados;
- Analisar a viabilidade de ampliação de uso de painéis de partículas de descarte de móveis na área da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ALBERTO, M. M. M. **Efeito da geometria das partículas e da densidade sobre as propriedades de painéis estruturais “waferboards”**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.
- ALBIN, R. A. Determinacion del pH en diversas especies de los renovales de la provincial de Valdivia. **Bosque**, v. 1, n. 1, p. 3-5, 1975.
- ALBINO, V.C. do S.; MORI, F.A.; MENDES, L.M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.22, n. 4, p. 803-811, out-dez, 2012.
- ALBUQUERQUE, C. E. C. **Interações de variáveis no ciclo de prensagem de aglomerados**. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- ALMEIDA, J.E. de; LOGSDON, N.B.; JESUS, J.M.H. de. Painéis de madeira aglomerada produzidos com serragem e poliestireno expandido. **Floresta**, Curitiba, v.42, n.1, p. 189-200, jan/mar 2012.
- ALVES, L.S. **Aproveitamento de resíduos de empresas moveleiras da região de São José do Rio Preto para confecção e avaliação de painéis aglomerados**. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.
- ALVES, M.V. da S. Novas tecnologias para a utilização e aproveitamento de resíduos. In: **1º Congresso Brasileiro de Industrialização da Madeira e Produtos de Base Florestal**, Curitiba. IBAMA, p.10 – 30. CD-ROM.2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA - ABIPA. Números. 2014. Disponível em: <<http://www.abipa.org.br/numeros.php>> Acesso em 13/11/2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6922**. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14810 – 2 – Chapas de madeira aglomerada – Parte 2 – Requisitos**. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14810 – 3 – Chapas de madeira aglomerada – Parte 3 – Métodos de Ensaio**. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA - ABNT. **NBR 15316-1: Chapas de fibras de média densidade. Parte 1: Terminologia**. Rio de Janeiro, 2006.

AZAMBUJA, R. Da Rosa. **Aproveitamento de resíduos de construção e demolição para produção de painéis aglomerados**. 96 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BIANCHE, J.J. **Propriedades de aglomerado fabricado com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e Vassoura (*Sida spp.*)**. 106 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

BIANCHE, J. J.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; PEREIRA, F. A.; SANTOS, R. C.; SORATTO, D. N. Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida spp.*). **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 623-630. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Lei no 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 05 set. 2010.

BRITO, E.O. **A viabilidade de utilização de espécies de Pinus para a produção de chapas de composição estruturais “waferboards”**. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

BRITO, E. O.; BATISTA, D.C.; VIDAURRE, G.B.; SAMPAIO, L. de C. Chapas de madeira aglomerada de uma camada de *Pinus elliottii* Engelm com a adição das cascas de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Cerne**, v. 11, n. 4, p. 369-375, 2005.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

CHIPANSKI, E.R. Proposição para melhoria do desempenho ambiental da indústria de aglomerado no Brasil. 2006. 193f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. **Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos**. São Carlos: EESC/ USP, 2013. 339p.

COLLI, A.; VITAL, B.R.; CARNEIRO, A.C.O.; SILVA, J.C.; CARVALHO, A.N.M.L.; DELLA LUCIA, R.M. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e fibras de coco (*cocos mucifera* L.) **Árvore**, v. 34, n. 2, p. 333-338, 2010.

COMMERCIAL STANDARD. **CS-236**: Mat formed wood particleboard. San Francisco: CS, 1966.

CRAIGHEAD, P.W.; Waxes and water-soak test for Wood panels. **Proceedings**, In: International Particleboard Composite Materials Symposium, 25th Washington State University, Proceedings, 1991. p. 181-204.

CUNHA, AB, LONGO, BL, RODRIGUES, AA, BREHMER, DR. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Eucalyptus benthamii*, *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**. v.42, n.102, p. 259-267. 2014.

CURITIBA. Prefeitura da Cidade. **Decreto 1201, 2004**. Estabelece categorias de resíduos provenientes de serviços de saúde que não podem ser dispostos no Aterro Sanitário da Caximba. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 11set. 2012.

CURITIBA. Prefeitura da Cidade. **Solicitação de coleta de mobiliário inservível gerados nos domicílios**. Disponível em:<<http://www.curitiba.pr.gov.br/servicos/cidadao/coleta-de-mobiliarioinservivel/990>>. Acesso em: 14set.2012.

CZARNECKI, R.; DZIURKA, D.; LECKA, J. The use of recycled boards as the substitute for particleboard in the centre layer of particleboards. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Wood Technology**, v. 6, n. 2, 2003. (Disponível em: <<http://www.ejpau.media.pl/series/volume6/issue2/wood/art-01.html>>. Acesso em 25 set. 2015).

DACOSTA, L. P. E. **Utilização de resíduos do processamento mecânico da madeira para fabricação de chapas de partículas aglomeradas**. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

DONATI, R. ABIPA - Produção de Painéis Reconstituídos no Brasil - Passado, Presente e Futuro. Disponível em: <<http://www.iba.org/pt/noticias/9-conteudo-pt/219-abipa-producao-de-paineis-reconstituídos-no-brasil-passado-presente-e-futuro>>Acesso em: 22/09/2015.

EARL, H.; WILSON, B.; LANE, M. Using wood waste in chipboard manufacture (2) In: **Mickleburgh, S.; Magin, G. Timber Recycling Opportunities in the UK. A summary of presentations given at four workshops in Cambridge, Manchester, Birmingham and Bristol**. Fauna & Flora International, 2003. Disponível em:<http://www.globaltrees.org/downloads/Combined_Proceedings.pdf> Acesso em: 14set2012.

EUROPEAN STANDARD. **EN 310**. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 312**. Particleboards – Specifications, 2003.

EUROPEAN STANDARD. **EN 317**. Determination of swelling in thickness after immersion in water, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 319**. Determinação da resistência à tração perpendicular às faces da placa, 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 322**. Determination of moisture content. English version. 1993.

EUROPEAN STANDARD. **EN 323**. Determination of density. English version. 1993.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación). **Actas de la consulta mundial sobre paneles a base de madera**. Roma, 1975. 245p.

GARCIA, D.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da madeira** - Edição N°135 - maio de 2013. Disponível em: <http://remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1665&subject=Pellets&title=Caracteriza%E7%E3o%20energ%E9tica%20de%20pellets%20de%20madeira>. Acessado em 16/04/2015.

GARDNER, D. J. **Compression Molding Wood-Polymer Hybrid Composites**. USA: University of Maine, 2002. Technical Report.

GUINSKI, G. S. **Relatório aponta crescimento do mercado moveleiro mundial**. Disponível em :< <http://www.emobile.com.br/site/industria-e-marcenaria/relatorio-mundial/>>. Acesso em: 18/12/ 2016.

HASELEIN, C.R. *et al.* Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões, **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p.127-134.2002.

HEEBINK, B. G. Wax in particleboards. In: Symposium on Particleboard, 1st Proceedings, Washington State University, p. 251-268, 1967.

HOWARD, S. COLLECTING AND PROCESSING WASTE TIMBER: Recycling timber on a commercial scale (1) In: Mickelburgh, S.; Magin, G. Timber Recycling Opportunities in the UK. **A summary of presentations given at four workshops in Cambridge, Manchester, Birmingham and Bristol**. Fauna & Flora International, 2003. Disponível em: <http://www.globaltrees.org/downloads/Combined_Proceedings.pdf> Acesso em: 14set2012.

IEMI. Inteligência de Mercado. Brasil Móveis 2015. **Relatório Setorial da Indústria de Móveis no Brasil**. 10 edição. 2015. Disponível em: <www.iemi.com.br>. Acesso em: setembro de 2015.

IRLE, M.; THOEMEM, H.; SERNEK, M. **Wood-Based Panels**. An Introduction for Specialists. Brunel University Press: London, UB8 3PH, 2010.

IWAKIRI, S. **A influência das variáveis de processamento sobre propriedades das chapas de partículas de diferentes espécies de *Pinus***. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

IWAKIRI, S.; KEINERT JÚNIOR, S. Utilização de diferentes espécies do gênero *Pinus* para produção de painéis "waferboard". **IPEF**, Piracicaba, n. 43/44, p. 65-69. 1990.

IWAKIRI, S.; LATORRACA, J. V. F.; SILVA, D. A.; GABARDO, J. L.; KLITZKE, R. J.; FOFANO, A.; FABROWSKI, F.; INTERANMENSE, M. T. Produção de chapas de Madeira aglomerada de *Pinus taeda taeda elliottii* (Engelm) and *Eucalyptus dunnii* (Maid). **Agrárias**, v. 15, p. 33–41, 1996.

IWAKIRI, S., *et al.* Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pilularis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.7, n.1, p.251-256, 2000.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de compensados de *Pinus taeda* L. e *Pinus oocarpa* Schiede com diferentes formulações de Uréia-Formaldeído. **Árvore**, v. 26, n.3, p. 371-375. 2002.

IWAKIRI, S. *et al.* Produção de painéis de Madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Árvore**, v. 28, n.6, p. 56-60. 2004.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.

IWAKIRI, S.; ANDRADE, A. S.; CARDOSO JUNIOR, A. A.; CHIPANSKI, E. R.; PRATA, J. G.; ADRIAZOLA, M. K. O. Produção de painéis aglomerados de alta densificação com uso de resina melamina-ureia-formaldeído. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p.323-328. 2005.

IWAKIRI, S.; STINGHEN, A. B.; SILVEIRA, E. L.; ZAMARIAN, E. H. C.; PRATA, J. G.; BRONOSKI, M. Influência da massa específica sobre as propriedades mecânicas de painéis aglomerados. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p.487-493. 2008.

IWAKIRI, S.; VIANEZ, B.F.; WEBER, C. TRIANOSKI, R.; ALMEIDA, V.C. Avaliação das propriedades de painéis aglomerados produzidos com resíduo de serrarias de nove espécies de madeiras tropicais da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v.42, n.1, p.59-64, mar 2012.

KEINERT JR, S.; MATOS J.L.M. Utilização de *Pinus pinaster* para fabricação de chapas de partículas. **Floresta**, v.17, n.1-2, p.113-120.1987.

KELLY, M. W. **A Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboards**. U.S. Forest Production Laboratory. General Technical Report FPL-10, 1977.

KLOCK, U. MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Manual didático, 3º Ed. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2005.

KLOCK, U. *et.al.* **Manual e fichas para prática de análises químicas quantitativas da madeira**. 3a. Edição revisada. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2012.

KOLLMANN, F. **Tecnologia de La Madeira y Sus Aplicaciones**. v.1. Madrid: Instituto forestal de Investigaciones y experiencias y servicio de la madera. Madrid, 1959.

KOLLMANN, F.; KENZI, P.; STAMM, A. **Principles of wood science and technology II. Wood based materials**, New York, 703 p, 1975.

LEHMANN, W.F. Properties of structural particleboards. **Forest Products Journal** v.24, n.1, p.19-26. 1974.

LONGO, B. L. **Potencial do resíduo de espécies tropicais para a produção de painéis particulados**. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014.

MACIEL, A. S. **Chapas de partículas aglomeradas de madeira de *Pinus elliottii* ou *Eucalyptus grandis*, em mistura com poliestireno e polietileno tereftalato**. 2001, 115p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2001.

MALONEY, T.M. Resin distribution in layered particleboard. **Forest Products Journal**, v.20, n.1, p.43-52, 1976.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993.

MARRA, A. A. **Technology of Wood bonding: principles and practice**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1992.

MARRA, G. Overview of wood as a material. **J. Educational Modules for Materials Science and Engineering**, v1, n.4, p.699-710. 1979.

MATOS, J. L. M. de; KEINERT JR, S. Estudo do ciclo da prensa para a produção de painéis *waferboard* – Parte I – Efeito sobre as propriedades de resistência. **Floresta**, Curitiba, v. 18, n, 12, p. 62-71. 1988.

MELO, R.R. de; DEL MENEZZI, C.H.S. Influência da massa específica nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados. **Silva Lusitana**, v.18, n.1, p. 59-73, 2010.

MELO, R. R. Estabilidade dimensional de compostos de madeira. **Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.)**, Pelotas, v. 4, n. 2. 2013.

MENDES, L.M.; MORI, F.A; ALBINO V.C. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 803-811, 2012.

MICKLEBURGH, S.; MAGIN, G. Timber Recycling Opportunities in the UK. **A summary of presentations given at four workshops in Cambridge, Manchester, Birmingham and Bristol**. Fauna & Flora International, 2003. Disponível em: <http://www.globaltrees.org/downloads/Combined_Proceedings.pdf> Acesso em: 14set 2012.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard**. London: Southern Illinois University Press, 1974.

NAUMANN, R. B.; VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; DELLA LUCIA, R. M.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; COLLI, A. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e de *Schizolobium amazonicum* Herb. **Árvore**, v. 32, p. 1143–1150, 2008.

OLIVEIRA, S.L. **Painéis Aglomerados de Bagaço de Cana de Açúcar: Caracterização visando o uso na indústria moveleira**. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PARANÁ. Assembleia Legislativa do Estado. **LEI Nº 12.493 de 22 de janeiro de 1999**. Diário Oficial Nº 5430 de 05/02/99.

PIERRE, F. C.; BALLARIN, A. W.; LARA PALMA, H. Caracterização física de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* com adição de resíduos industriais madeireiros. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 321-328. 2014,

ROBERTS, N. **Wood Recyclers hail record year**. 24 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www.mrw.co.uk/news/wood-recyclers-hail-record-year/8629421.article>> Acesso em: 18set.2012.

ROWELL, R.M. Composite materials from forest biomass: a review of current practices, science and technology. In: DIMITRIS S.A. (Ed.). **Materials, chemicals and energy from forest biomass**. North Carolina: ACS Publications, 2007. p.76-92.

SANTOS, R. C.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; MENDES, R. F. Chapas de partículas aglomeradas produzidas a partir de resíduos gerados após a extração do óleo da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 437-446, 2009.

SCHWARTZ, F. E.; ANDERSON, R. L.; KAGDER, A.G. Resin distribution and how variations affect board quality. In: Particleboard Symposium, 2th, **Proceedings**, Washington State University, 1968. p. 7-30.

SETUNGE, S.; WONG, K.K.; JOLLANDS, M. Economic and environmental benefits of using hardwood sawmill waste as a raw material for particleboard production. **Earth and Environmental Science**, Edinburgh, v.9, n.5-6, p.485-494, 2009.

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry fundamentals and applications**. New York. Academic Press. 223p. 1981.

SMITH, D. **The generation and utilization of residuals from composite panel products**. Forest Products Journal, v. 54, n.2, p. 8-17, fev. 2004.

SUFFIAN, M.; ORMONDROYD, G.A.; HALE, M.D. Comparisons of particleboard produced from Acacia hybrid and a UK commercial particleboard furnish from recycled wood. **Journal of Tropical Forest Science**, Kepong, v.22, n.3, p.227-236, 2010.

TAPPI - Testing Procedures of Technical Association of the Pulp and Paper Industry.- **TAPPI** In: TAPPI Standard Method. Atlanta, USA. Cd-Rom, 2002 (coletânea de normas).

TORRELL, R.; HILLIG E.; CORRADI, G. M.; IWAKIRI S. Influência da adição de serragem nas propriedades tecnológicas de painéis de madeira aglomerada de *Pinus taeda*. **Ambiência**, Guarapuava, v. 9 n. 1. 2013.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do Potencial de Espécies Florestais Alternativas, de Rápido Crescimento, para Produção de Painéis de Madeira Aglomerada**. 260 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TRIANOSKI, R. **Produção dos Painéis Aglomerados**. 2010. 6 fotografias, color., várias dimensões.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de *Pinus* tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 553 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRIANOSKI, R., IWAKIRI, S.; MATOS, J.L. de.; PRATA, J.G. Propriedades físicas e mecânicas de painéis de madeira aglomerada de *Acrocarpus fraxinifolius*, compostos com diferentes percentuais de casca. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.3, n. 4, p. 761-769, out.- dez, 2013.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. Avaliação de painéis aglomerados de *Toona ciliata* produzidos com diferentes densidades e teores de resina. **Madera y bosques** 20, n.3, pp.49-58.. 2014.

TRIANOSKI, R; PICCARDI A.; IWAKIRI S.; MATOS J; BONDUELLE G. Incorporação de *Grevillea robusta* na produção de painéis aglomerados de *Pinus*. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2, p. 278-285. 2016.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties and utilization**. New York, 494 p. 1991.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Washington: U. S. Government Printing Office, 1999. 466 p.

VITAL, B. R.; LEHMANN, W. F.; BOONE, R. S. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboards. **Forest Products Journal**, v. 24, p. 37–45, 1974.

VITAL, B. R.; HASELEIN, C. R.; DELLA LUCIA, R. M. Efeito da geometria das partículas nas propriedades das chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus grandis* (Hill ex-Maiden). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 88-96. 1992.

WEBER, C. **Estudo Sobre Viabilidade de Uso de Resíduos de Compensados, MDF e MDP para Produção de Painéis Aglomerados**. 87 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

WEBER, C. **Moinho de Martelos**. 2011. 1 fotografia, color., 13 x 17 cm.

WEBER, C. **Parte Interna do Moinho de Martelos**. 2011. 1 fotografia, color., 13 x 17 cm.

WEBER, C. **Classificador de Peneiras Utilizado para a Retirada dos Finos**. 2011. 1 fotografia, color., 13 x 17 cm.

WEBER, C.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 405-413, 2015.

YANG, T.; CHENG-JUNG, L.; SONG-YUNG, W.; MING-JER, T. Characteristics of particleboard made from recycle wood-waste chips impregnated with phenol formaldehyde resin. **Building and Environments**, v. 42, n. 1, p. 189-195, 2005.

ZAMARIAN, E. **Processo de Reciclagem da Madeira na Empresa Byocom**. 2015. 3 fotografias, color., várias dimensões.

ZAMARIAN, E. **Metais Recolhidos Durante o Processo de Reciclagem da Madeira**. 2015. 1 fotografia, color., 15 x 21 cm.

ZAMARIAN, E. **Transporte de Móveis Descartados**. 2015. 1 fotografia, color., 15 x 21 cm.

ZAMARIAN, E. **Esteira de Alimentação do Triturador da Empresa Recicladora**. 2015. 1 fotografia, color., 15 x 21 cm.

ZAMARIAN, E. **Cavacos de Móveis Descartados após a Primeira Trituração**. 2015. 1 fotografia, color., 15 x 21 cm.

ZAMARIAN, E. **Peneiras do Moinho de Martelos com Respectivas Partículas de Descarte de Móveis**. 2015. 2 fotografias, color., 15 x 21 cm.

ZAMARIAN, E. **Classificador Manual Utilizado para a Determinação das Propriedades Físicas e Químicas das Partículas**. 2015. 1 fotografia, color., 15 x 21 cm.

APÊNDICE 1 – CÁLCULOS PARA A PRODUÇÃO DE PAINEL

Painel: densidade = 0,70 g/cm³ com 10% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$$Dc = P/V \Rightarrow P = Dc \times V \Rightarrow 0,70 \times 2.470 = 1.729 \text{ g.}$$

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)
10% resina (sólido resinoso – SR)
12% água (AG)
1% parafina

123%	-	1.729 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.405,69g (PS)
10%	-	y	\Rightarrow 140,57 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 168,68 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 14,06 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.405 \times (1 + 3/100) \Rightarrow 1447,86 \text{ g (part.úmidas)}$$

Tratamento	Pinus	Descarte
T1	1303,07	144,78
T2	1085,89	361,96
T3	723,93	723,93
T4	361,96	1085,90
T5	0	1447,86

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

$$\begin{array}{lcl} 100 \text{ g (RL)} & - & 66 \text{ g (SR)} \\ x & - & 140,57 \text{ g (SR)} \end{array} \quad x = 212,98 \text{ g (RL)}$$

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

$$\begin{array}{lcl} CS = & 100 \text{ g (SR)} - 2 \text{ g (CS)} \\ & 140,57 \text{ g (SR)} - x \end{array} \Rightarrow 2,81 \text{ g (CS)}$$

$$\begin{array}{lcl} CL = & 100 \text{ g (CL)} - 25,00 \text{ g (CS)} \\ & x \quad \quad 2,81 \text{ g (CS)} \end{array} \Rightarrow 11,24 \text{ g (CL)}$$

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

$$\begin{array}{lcl} 100 \text{ g parafina} & - & 67 \text{ g de sólidos} \\ X & - & 14,06 \text{ g} \end{array} \Rightarrow x = 20,98 \text{ g de parafina líquida}$$

Peso do colchão: Peso da quantidade de partículas no teor de umidade utilizado, mais o peso da resina líquida, mais parafina, mais catalisador.

FASE 2

Painel: densidade = 0,55 g/cm³ com 8% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,55 \times 2.470 = 1.358,00$ g.

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

8% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

121%	-			1.358,50 g
100%	-	x	\Rightarrow	1.122,73g (PS)
8%	-	y	\Rightarrow	89,82 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow	134,73 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow	11,23 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.122,73 \times (1 + 3/100) \Rightarrow \mathbf{1.156,41 \text{ g (part.úmidas)}}$

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 89,82 g (SR)

x = 136,09 g (RL)

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) – 2 g (CS)

89,82 g (SR) - x $\Rightarrow \mathbf{1,79g \text{ (CS)}}$

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 1,79 g (CS) $\Rightarrow \mathbf{7,19 \text{ g (CL)}}$

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

X - 11,23 g $\Rightarrow \mathbf{x = 16,76 \text{ g de parafina líquida}}$

Peso do colchão = 1.316,44 g

Painel: densidade = 0,55 g/cm³ com 10% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,55 \times 2.470 = 1.358,00$ g.

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

10% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

123%	-	1.358,50 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.104,47 g (PS)
10%	-	y	\Rightarrow 110,45 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 132,54 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 11,04 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.104,47 \times (1 + 3/100) \Rightarrow$ **1.137,60 g (part.úmidas)**

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 110,45 g (SR) \Rightarrow **x = 167,34 g (RL)**

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) - 2 g (CS)

110,45 g (SR) - x \Rightarrow **2,21 g (CS)**

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 2,21 g (CS) \Rightarrow **8,84 g (CL)**

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

X - 11,04 g \Rightarrow **x = 16,48 g de parafina líquida**

Peso do colchão = 1.330,27 g

Painel: densidade = 0,55 g/cm³ com 12% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,55 \times 2.470 = 1.358,00$ g.

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

12% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

125%	-			1.358,50 g
100%	-	x	\Rightarrow	1.086,80 g (PS)
12%	-	y	\Rightarrow	130,42 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow	130,42 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow	10,87 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.086,80 \times (1 + 3/100) \Rightarrow \mathbf{1.119,40 \text{ g (part.úmidas)}}$

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 130,42 g (SR)

x = 197,60 g (RL)

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) – 2 g (CS)

130,42 g (SR) - x \Rightarrow **2,61 g (CS)**

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 2,61 g (CS) \Rightarrow **10,43 g (CL)**

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

X - 10,87 g \Rightarrow x= **16,22 g** de parafina líquida

Peso do colchão = 1.343,66 g

Painel: densidade = 0,70 g/cm³ com 8% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,70 \times 2.470 = 1.729 \text{ g.}$

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

8% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

121%	-	1.729 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.428,93 g (PS)
8%	-	y	\Rightarrow 114,31 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 171,47 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 14,29 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.428,93 \times (1 + 3/100) \Rightarrow \mathbf{1.471,79 \text{ g (part.úmidas)}}$

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 114,31 g (SR)

x = 173,20 g (RL)

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) - 2 g (CS)

114,31 g (SR) - x \Rightarrow **2,29 g (CS)**

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 2,29 g (CS) \Rightarrow **9,15 g (CL)**

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina - 67 g de sólidos

X - 14,29 g \Rightarrow **x = 21,33 g de parafina líquida**

Peso do colchão = 1.675,47 g

Painel: densidade = 0,70 g/cm³ com 10% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,70 \times 2.470 = 1.729$ g.

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

10% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

123%	-		1.729 g
100%	-	x	\Rightarrow 1.405,69g (PS)
10%	-	y	\Rightarrow 140,57 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 168,68 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 14,06 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.405 \times (1 + 3/100) \Rightarrow$ **1447,86 g (part.úmidas)**

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 140,57 g (SR) x = **212,98 g (RL)**

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) – 2 g (CS)

140,57 g (SR) - x $\Rightarrow 140,57 \times 2 / 100 \Rightarrow$ **2,81g (CS)**

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 2,81 g (CS) $\Rightarrow 2,81 \times 100 / 25 \Rightarrow$ **11,24 g (CL)**

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

X - 14,06 g \Rightarrow x= **20,98 g** de parafina líquida

Peso do colchão = 1.693,07 g

Painel: densidade = 0,70 g/cm³ com 12% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,70 \times 2.470 = 1.729 \text{ g.}$

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

12% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

125%	-	1.729 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.383,20 g (PS)
12%	-	y	\Rightarrow 165,98 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 165,98 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 13,83 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.383,20 \times (1 + 3/100) \Rightarrow \mathbf{1.424,69 \text{ g (part.úmidas)}}$

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 165,98 g (SR)

x = 251,49 g (RL)

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) – 2 g (CS)

165,98 g (SR) - x \Rightarrow **3,32 g (CS)**

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 3,32 g (CS) \Rightarrow **13,28 g (CL)**

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

X - 13,83 g \Rightarrow x= **20,64 g** de parafina líquida

Peso do colchão = 1.710,11 g

Painel: densidade = 0,85 g/cm³ com 8% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,85 \times 2.470 = 2.099,50 \text{ g.}$$

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

8% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

121%	-	2.099,50 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.735,12 g (PS)
8%	-	y	\Rightarrow 138,81 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 208,21 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 17,35 g

e) Quantidade de partículas úmidas / painel

$$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.735,12 \times (1 + 3/100) \Rightarrow \mathbf{1.787,17 \text{ g (part.úmidas)}}$$

f) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

$$x - 138,81 \text{ g (SR)} \quad x = \mathbf{210,32 \text{ g (RL)}}$$

g) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) – 2 g (CS)

$$138,81 \text{ g (SR)} - x \Rightarrow \mathbf{2,78 \text{ g (CS)}}$$

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

$$x - 2,78 \text{ g (CS)} \Rightarrow \mathbf{11,10 \text{ g (CL)}}$$

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

$$X - 17,35 \text{ g} \Rightarrow x = \mathbf{25,90 \text{ g de parafina líquida}}$$

Peso do colchão = 2.034,50 g

Painel: densidade = 0,85 g/cm³ com 10% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,85 \times 2.470 = 2.099,50$ g.

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

10% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

123%	-	2.099,50 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.706,91 g (PS)
10%	-	y	\Rightarrow 170,69 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 204,83 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 17,07 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.706,91 \times (1 + 3/100) \Rightarrow$ **1.758,12 g (part.úmidas)**

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

x - 170,69 g (SR) \Rightarrow **x = 258,62 g (RL)**

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) - 2 g (CS)

170,69 g (SR) - x \Rightarrow **3,41 g (CS)**

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

x 3,41 g (CS) \Rightarrow **13,66 g (CL)**

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina - 67 g de sólidos

X - 17,07 g \Rightarrow **x = 25,48 g de parafina líquida**

Peso do colchão = 2.055,87 g

Painel: densidade = 0,85 g/cm³ com 12% de resina e adição de parafina

Dimensões da chapa: 50 x 38 x 1,3 cm \Rightarrow volume = 2.470,00 cm³

Peso chapa \Rightarrow umidade = 12%

$$D_c = P/V \Rightarrow P = D_c \times V \Rightarrow 0,85 \times 2.470 = 2.099,50 \text{ g.}$$

a) Constituição da chapa:

100% partículas secas (PS)

12% resina (sólido resinoso – SR)

12% água (AG)

1% parafina

125%	-	2.099,50 g	
100%	-	x	\Rightarrow 1.679,60 g (PS)
12%	-	y	\Rightarrow 201,55 g (SR)
12%	-	z	\Rightarrow 201,55 g (AG)
1%	-	k	\Rightarrow 16,80 g

b) Quantidade de partículas úmidas / painel

$$PU = PS \times (1 + TU/100) \Rightarrow 1.679,60 \times (1 + 3/100) \Rightarrow \mathbf{1.729,98 \text{ g (part.úmidas)}}$$

c) Quantidade de resina líquida (RL)

Teor de sólidos (TS) \Rightarrow 66%

100 g (RL) - 66 g (SR)

$$x - 201,55 \text{ g (SR)} \quad x = \mathbf{305,38 \text{ g (RL)}}$$

d) Catalisador (Qcs = 2% \Rightarrow sólido resinoso)

Teor de sólidos do catalisador \Rightarrow TSc = 25%

CS = 100 g (SR) – 2 g (CS)

$$201,55 \text{ g (SR)} - x \Rightarrow \mathbf{4,03 \text{ g (CS)}}$$

CL = 100 g (CL) - 25,00 g (CS)

$$x - 4,03 \text{ g (CS)} \Rightarrow \mathbf{16,12 \text{ g (CL)}}$$

e) Parafina (67% de teor de sólidos)

100 g parafina – 67 g de sólidos

$$X - 16,80 \text{ g} \Rightarrow x = \mathbf{25,07 \text{ g de parafina líquida}}$$

Peso do colchão = 2.076,56 g

APÊNDICE 2 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS

FASE 1

INCHAMENTO EM ESPESSURA E ABSORÇÃO DE ÁGUA

Primeira Pergunta: As densidades médias dos painéis nos diferentes tratamentos, são iguais?

Resposta da análise: Não. Tratamento 6 tem média de densidade dos painéis menor que os tratamentos T4 e T5.

Procedimento: Análise de Covariância

Multifactor ANOVA - Densid1

Dependent variable: Densid1

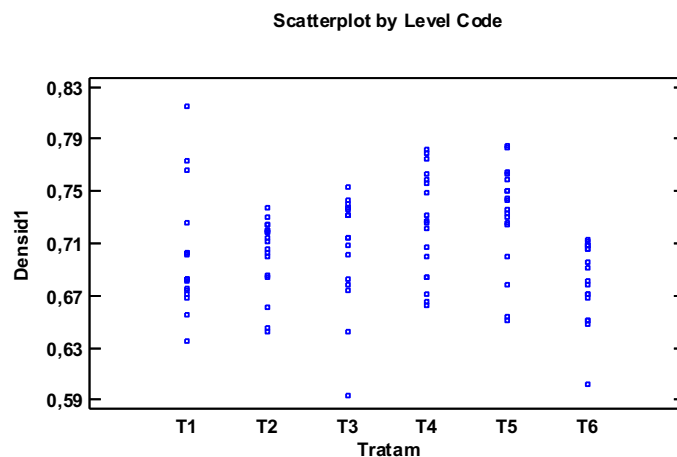
Factors:

Tratam

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Densid1. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Densid1. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Densid1 - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	0,0293898	5	0,00587795	4,12	0,0019
RESIDUAL	0,145406	102	0,00142555		
TOTAL (CORRECTED)	0,174796	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Densid1 into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on Densid1 at the 95,0% confidence level.

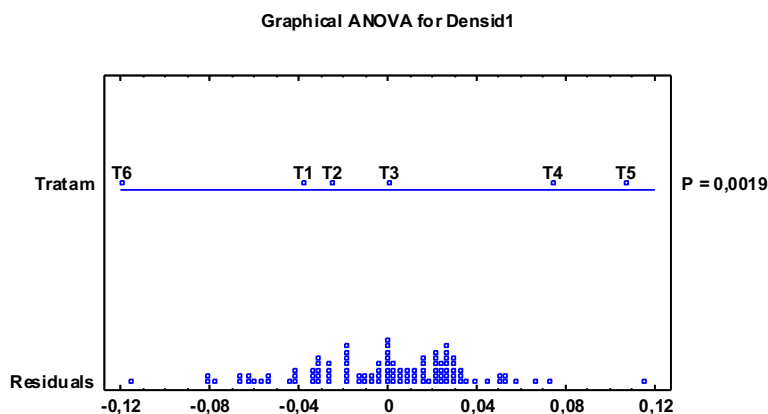


Table of Least Squares Means for Densid1 with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	108	0,708226			
Tratam					
T1	18	0,699967	0,00889928	0,682315	0,717618
T2	18	0,702672	0,00889928	0,685021	0,720324
T3	18	0,708356	0,00889928	0,690704	0,726007
T4	18	0,724639	0,00889928	0,706987	0,742291
T5	18	0,731967	0,00889928	0,714315	0,749618
T6	18	0,681756	0,00889928	0,664104	0,699407

The StatAdvisor

This table shows the mean Densid1 for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Densid1 by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T6	18	0,681756	0,00889928	X
T1	18	0,699967	0,00889928	XX
T2	18	0,702672	0,00889928	XX
T3	18	0,708356	0,00889928	XX
T4	18	0,724639	0,00889928	X
T5	18	0,731967	0,00889928	X

Multifactor ANOVA - Incham_2h

Dependent variable: Incham_2h

Factors:

Tratam

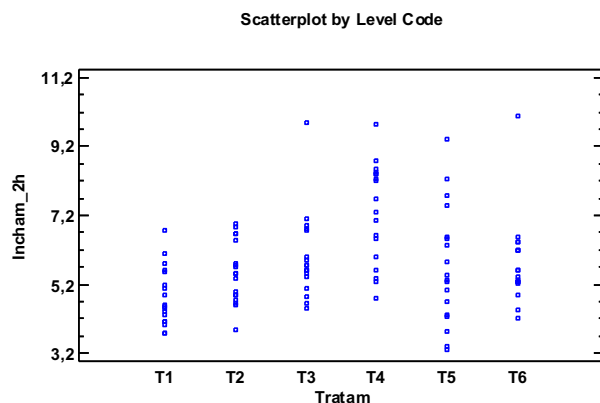
Covariates:

Densid1

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Incham_2h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Incham_2h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Incham_2h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
COVARIATES					
Densid1	1,41175	1	1,41175	0,88	0,3507
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	58,7618	5	11,7524	7,32	0,0000
RESIDUAL	162,236	101	1,60629		
TOTAL (CORRECTED)	221,072	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Incham_2h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on Incham_2h at the 95,0% confidence level.

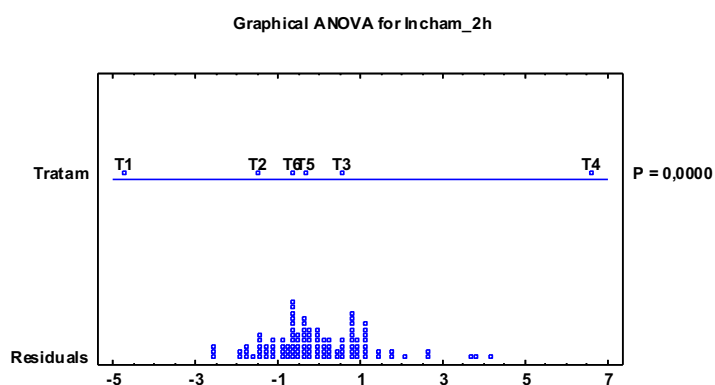


Table of Least Squares Means for Incham_2h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	108	5,87222			
Tratam					
T1	18	4,82482	0,299987	4,22973	5,41991
T2	18	5,53936	0,299298	4,94563	6,13309
T3	18	5,99263	0,298729	5,40003	6,58522
T4	18	7,34059	0,303668	6,73819	7,94298
T5	18	5,80175	0,308974	5,18883	6,41467
T6	18	5,73419	0,311414	5,11642	6,35195

The StatAdvisor

This table shows the mean Incham_2h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Incham_2h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T1	18	4,82482	0,299987	X
T2	18	5,53936	0,299298	X
T6	18	5,73419	0,311414	X
T5	18	5,80175	0,308974	X
T3	18	5,99263	0,298729	X
T4	18	7,34059	0,303668	X

Conclusão: Média de Inchamento em Espessura depois de 2h do Tratamento 4 foi maior que demais tratamentos

Multifactor ANOVA - Incham 24h

Dependent variable: Incham_24h

Factors:

Tratam

Covariates:

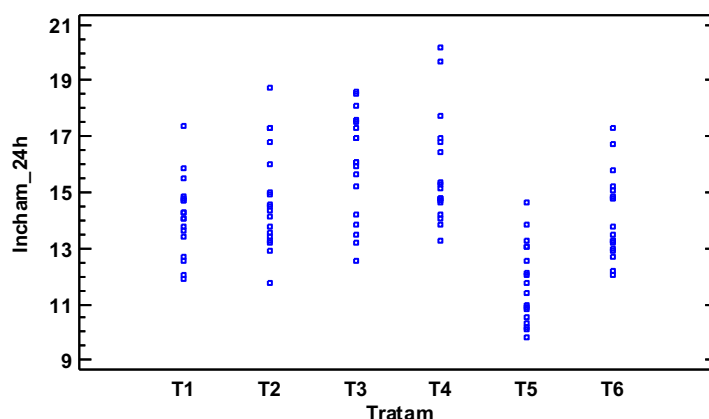
Densid1

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Incham_24h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Incham_24h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Scatterplot by Level Code



Analysis of Variance for Incham_24h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
COVARIATES					
Densid1	5,52836	1	5,52836	2,00	0,1600
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	212,267	5	42,4535	15,38	0,0000
RESIDUAL	278,74	101	2,7598		
TOTAL (CORRECTED)	491,458	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Incham_24h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on Incham_24h at the 95,0% confidence level.

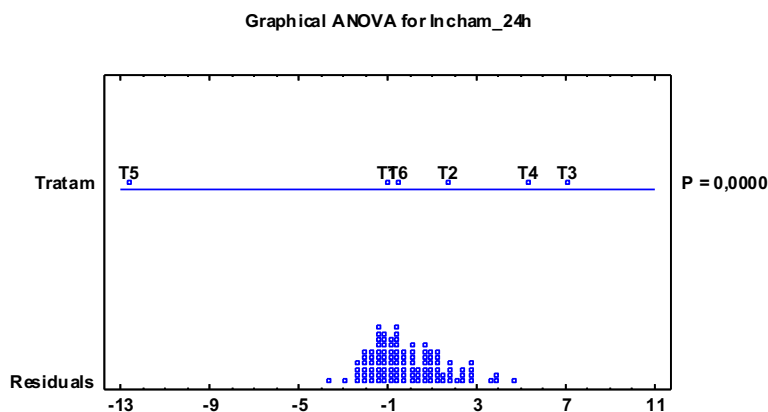


Table of Least Squares Means for Incham_24h with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	108	14,4108			
Tratam					
T1	18	14,1926	0,393214	13,4126	14,9726
T2	18	14,7848	0,392311	14,0066	15,563
T3	18	15,9859	0,391564	15,2091	16,7626
T4	18	15,6016	0,398039	14,812	16,3912
T5	18	11,6008	0,404994	10,7974	12,4042
T6	18	14,2993	0,408193	13,4896	15,1091

The StatAdvisor

This table shows the mean Incham_24h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Incham_24h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T5	18	11,6008	0,404994	x
T1	18	14,1926	0,393214	x
T6	18	14,2993	0,408193	x
T2	18	14,7848	0,392311	xx
T4	18	15,6016	0,398039	xx
T3	18	15,9859	0,391564	x

Conclusao: Tratamento 5 menor média de inchamento em espessura depois de 24h.

Multifactor ANOVA - Abs_2h

Dependent variable: Abs_2h

Factors:

Tratam

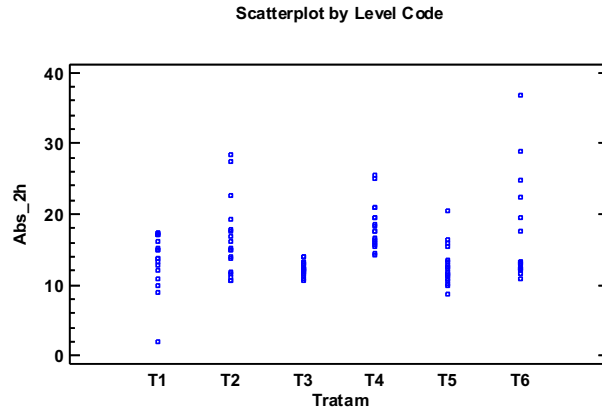
Covariates:

Densid1

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Abs_2h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Abs_2h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Abs_2h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
COVARIATES					
Densid1	586,259	1	586,259	43,73	0,0000
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	544,445	5	108,889	8,12	0,0000
RESIDUAL	1354,18	101	13,4077		
TOTAL (CORRECTED)	2466,77	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Abs_2h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 2 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on Abs_2h at the 95,0% confidence level.

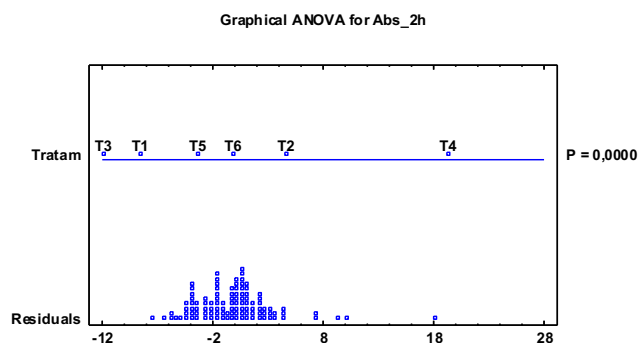


Table of Least Squares Means for Abs_2h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	108	14,9904			
Tratam					
T1	18	13,09	0,866696	11,3707	14,8093
T2	18	16,0224	0,864706	14,307	17,7377

T3	18	12,3382	0,863061	10,6261	14,0503
T4	18	19,2788	0,877333	17,5384	21,0192
T5	18	14,2464	0,892661	12,4756	16,0172
T6	18	14,9664	0,899712	13,1816	16,7512

The StatAdvisor

This table shows the mean Abs_2h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Abs_2h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T3	18	12,3382	0,863061	X
T1	18	13,09	0,866696	XX
T5	18	14,2464	0,892661	XX
T6	18	14,9664	0,899712	XX
T2	18	16,0224	0,864706	XX
T4	18	19,2788	0,877333	X

Conclusao: Tratamenos T2 e T4 maior absorção de agua após 2h.

Multifactor ANOVA - Abs_24h

Dependent variable: Abs_24h

Factors:

Tratam

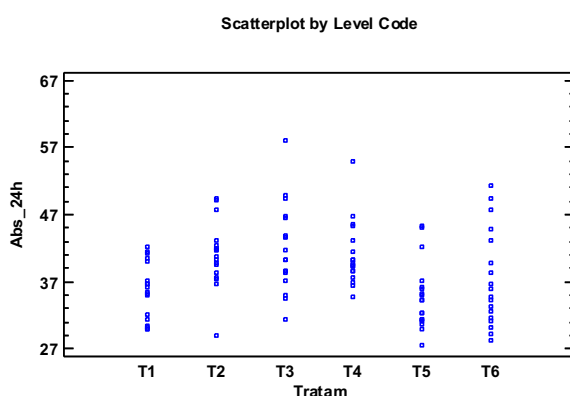
Covariates:

Densid1

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Abs_24h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Abs_24h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Abs_24h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
COVARIATES					
Densid1	1448,96	1	1448,96	89,08	0,0000
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	1087,12	5	217,423	13,37	0,0000
RESIDUAL	1642,79	101	16,2652		
TOTAL (CORRECTED)	3950,0	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Abs_24h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 2 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on Abs_24h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for Abs_24h with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	108	38,6832			
Tratam					
T1	18	34,8527	0,954596	32,9591	36,7464
T2	18	40,47	0,952404	38,5807	42,3594
T3	18	42,0929	0,950592	40,2072	43,9787
T4	18	42,6779	0,966311	40,761	44,5948
T5	18	37,2582	0,983194	35,3078	39,2086
T6	18	34,7476	0,99096	32,7818	36,7134

The StatAdvisor

This table shows the mean Abs_24h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Abs_24h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T6	18	34,7476	0,99096	X
T1	18	34,8527	0,954596	X
T5	18	37,2582	0,983194	XX
T2	18	40,47	0,952404	XX
T3	18	42,0929	0,950592	X
T4	18	42,6779	0,966311	X

Conclusao: Tratamentos T2, T3 e T4 maior absorção média de agua após 24h.

FLEXAO ESTATICA

Primeira Pergunta: As densidades medias dos painéis nos diferentes tratamentos, são iguais?

Resposta da analise: Sim.

Procedimento: Analise de Variância Simples

Multifactor ANOVA - Densid

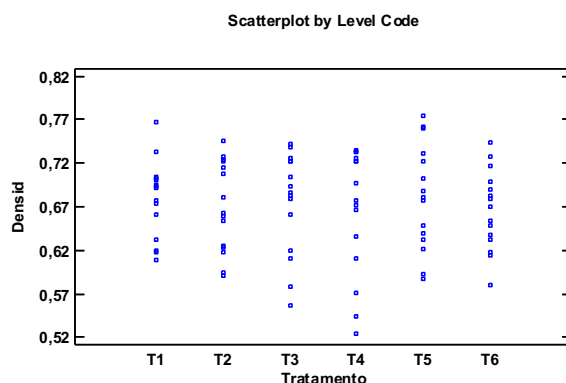
Dependent variable: Densid

Factors: Tratamento

Number of complete cases: 90

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Densid. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Densid. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Densid - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamento	0,00337926	5	0,000675852	0,21	0,9561
RESIDUAL	0,266569	84	0,00317344		
TOTAL (CORRECTED)	0,269948	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Densid into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on Densid at the 95,0% confidence level.

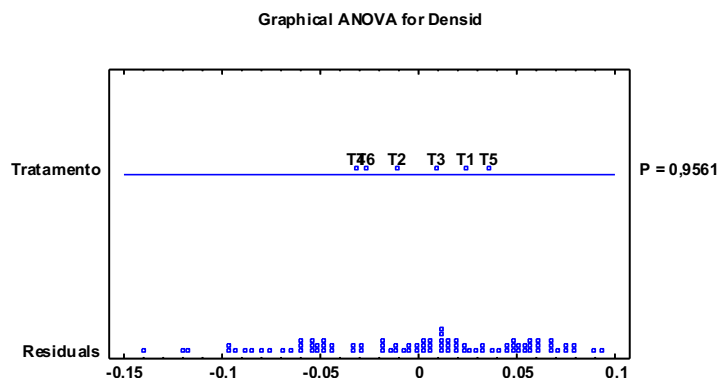


Table of Least Squares Means for Densid with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	90	0,672596			
Tratamento					
T1	15	0,678554	0,0145452	0,649629	0,707479
T2	15	0,669969	0,0145452	0,641044	0,698894
T3	15	0,674828	0,0145452	0,645904	0,703753
T4	15	0,664785	0,0145452	0,63586	0,693709
T5	15	0,681281	0,0145452	0,652356	0,710206
T6	15	0,666158	0,0145452	0,637233	0,695083

The StatAdvisor

This table shows the mean Densid for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Densid by Tratamento

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratamento	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T4	15	0,664785	0,0145452	X
T6	15	0,666158	0,0145452	X
T2	15	0,669969	0,0145452	X
T3	15	0,674828	0,0145452	X
T1	15	0,678554	0,0145452	X
T5	15	0,681281	0,0145452	X

Multifactor ANOVA - MOR MPa

Dependent variable: MOR_MPa

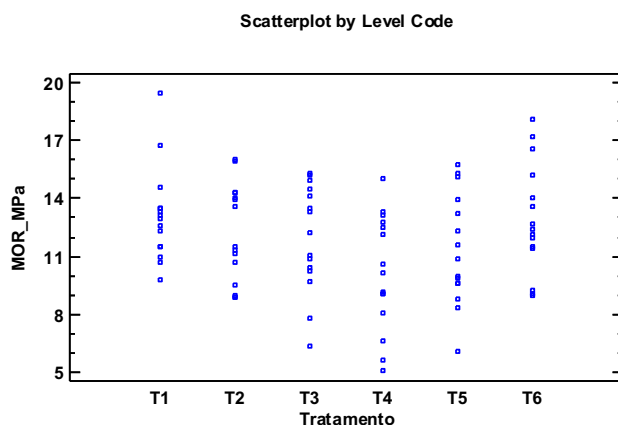
Factors:

Tratamento

Number of complete cases: 90

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for MOR_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on MOR_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for MOR_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamento	88,5212	5	17,7042	2,36	0,0472
RESIDUAL	631,23	84	7,51464		
TOTAL (CORRECTED)	719,751	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of MOR_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on MOR_MPa at the 95,0% confidence level.

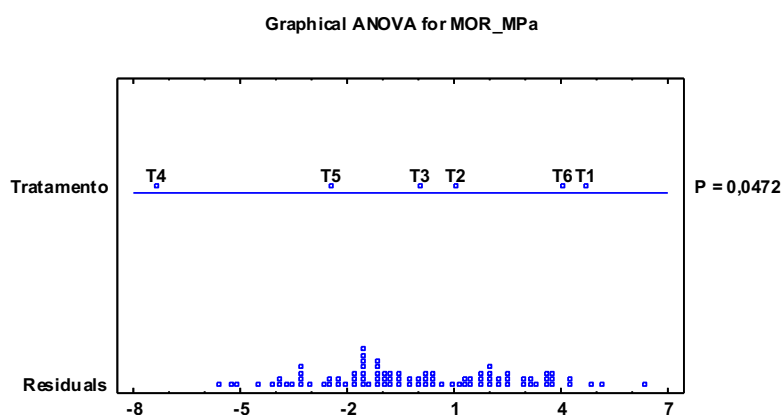


Table of Least Squares Means for MOR_MPa with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	90	11,9578			
Tratamento					
T1	15	13,1013	0,707797	11,6938	14,5089
T2	15	12,2087	0,707797	10,8011	13,6162
T3	15	11,9673	0,707797	10,5598	13,3749
T4	15	10,1687	0,707797	8,76113	11,5762
T5	15	11,358	0,707797	9,95047	12,7655
T6	15	12,9427	0,707797	11,5351	14,3502

The StatAdvisor

This table shows the mean MOR_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for MOR_MPa by Tratamento

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratamento</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T4	15	10,1687	0,707797	X
T5	15	11,358	0,707797	XX
T3	15	11,9673	0,707797	XX
T2	15	12,2087	0,707797	XX
T6	15	12,9427	0,707797	XX
T1	15	13,1013	0,707797	X

Conclusao: Apenas Medias de MOR dos Tratamentos T1 e T4 são diferentes estatisticamente.

Multifactor ANOVA - MOE_MPa

Dependent variable: MOE_MPa

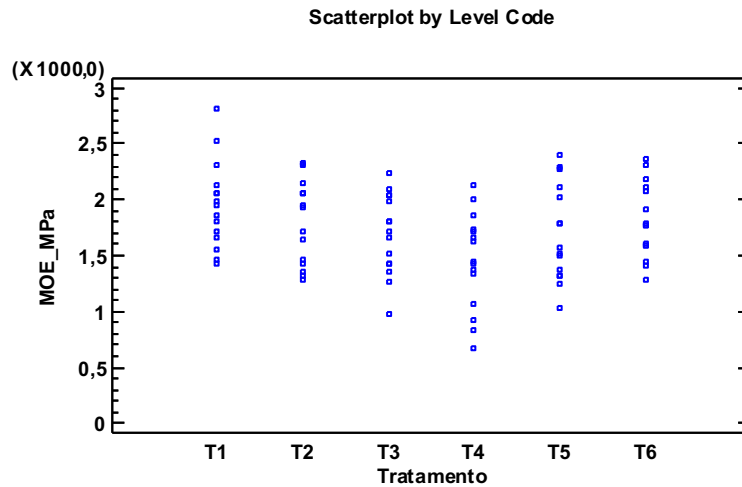
Factors:

Tratamento

Number of complete cases: 90

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for MOE_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on MOE_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for MOE_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratamento	2,14643E6	5	429285,	2,87	0,0193
RESIDUAL	1,2574E7	84	149690,		
TOTAL (CORRECTED)	1,47204E7	89			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of MOE_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on MOE_MPa at the 95,0% confidence level.

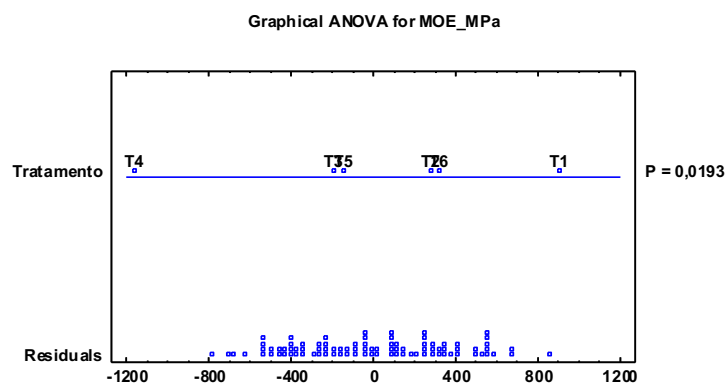


Table of Least Squares Means for MOE_MPa with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	90	1736,69			
Tratamento					
T1	15	1956,68	99,8967	1758,03	2155,34
T2	15	1804,12	99,8967	1605,46	2002,78
T3	15	1689,47	99,8967	1490,81	1888,12
T4	15	1452,84	99,8967	1254,19	1651,5
T5	15	1701,94	99,8967	1503,29	1900,6
T6	15	1815,07	99,8967	1616,42	2013,73

The StatAdvisor

This table shows the mean MOE_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for MOE_MPa by Tratamento

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratamento	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T4	15	1452,84	99,8967	X
T3	15	1689,47	99,8967	XX
T5	15	1701,94	99,8967	XX
T2	15	1804,12	99,8967	XX
T6	15	1815,07	99,8967	XX
T1	15	1956,68	99,8967	X

Conclusao: Apenas Medias de MOE dos Tratamentos T1 e T4 são diferentes estatisticamente.

ADESAO INTERNA

Primeira Pergunta: As densidades medias dos painéis nos diferentes tratamentos, são iguais?

Resposta da analise: Não.

Procedimento: Analise de Covariância

Multifactor ANOVA - Densid

Dependent variable: Densid

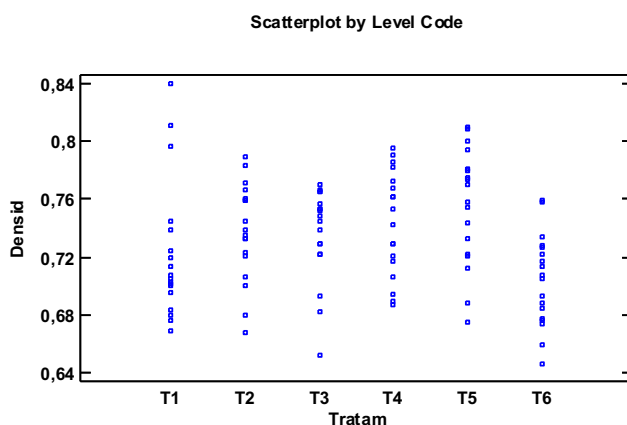
Factors:

Tratam

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Densid. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Densid. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Densid - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	0,0287832	5	0,00575665	4,15	0,0018
RESIDUAL	0,141394	102	0,00138622		
TOTAL (CORRECTED)	0,170177	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Densid into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on Densid at the 95,0% confidence level.

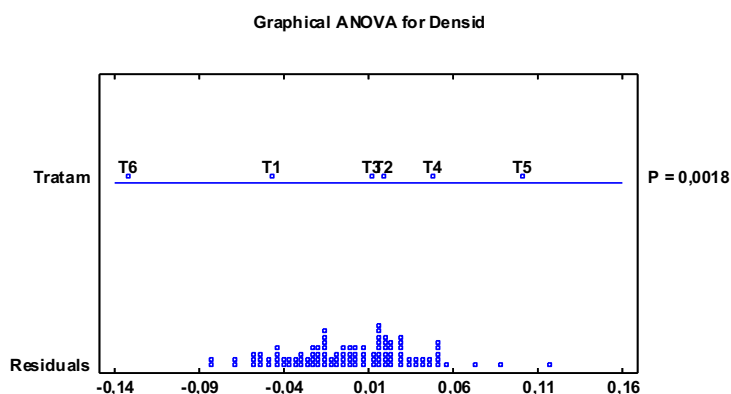


Table of Least Squares Means for Densid with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	108	0,73323			
Tratam					
T1	18	0,722802	0,00877565	0,705395	0,740208
T2	18	0,737338	0,00877565	0,719932	0,754745
T3	18	0,735897	0,00877565	0,718491	0,753304
T4	18	0,743818	0,00877565	0,726412	0,761225
T5	18	0,755553	0,00877565	0,738146	0,772959
T6	18	0,703974	0,00877565	0,686568	0,721381

The StatAdvisor

This table shows the mean Densid for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Densid by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T6	18	0,703974	0,00877565	X
T1	18	0,722802	0,00877565	XX
T3	18	0,735897	0,00877565	XX
T2	18	0,737338	0,00877565	XX
T4	18	0,743818	0,00877565	X
T5	18	0,755553	0,00877565	X

Multifactor ANOVA - LI

Dependent variable: LI

Factors:

Tratam

Covariates:

Densid

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for LI. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on LI. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for LI - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
COVARIATES					
Densid	0,102708	1	0,102708	3,31	0,0717
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	1,90576	5	0,381152	12,29	0,0000
RESIDUAL	3,13161	101	0,031006		
TOTAL (CORRECTED)	5,21765	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of LI into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors.

The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on LI at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for LI with 95,0% Confidence Intervals

			Std.	Lower	Upper
Level	Count	Mean	Error	Limit	Limit
GRAND MEAN	108	0,770648			
Tratam					
T1	18	0,963888	0,04179	0,880988	1,04679
T2	18	0,930388	0,0415483	0,847967	1,01281
T3	18	0,718283	0,0415225	0,635913	0,800652
T4	18	0,659309	0,0417988	0,576392	0,742227
T5	18	0,747642	0,0427998	0,662738	0,832545
T6	18	0,604379	0,0437064	0,517677	0,691081

The StatAdvisor

This table shows the mean LI for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for LI by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T6	18	0,604379	0,0437064	X
T4	18	0,659309	0,0417988	X
T3	18	0,718283	0,0415225	X
T5	18	0,747642	0,0427998	X
T2	18	0,930388	0,0415483	X
T1	18	0,963888	0,04179	X

Conclusao : Medias de Adesao Interna dos tratamentos T1 e T2 não diferem e são maiores que as médias de adesão interna dos demais tratamentos.

ARRANCAMENTO DE PARAFUSO SUPERFÍCIE

Primeira Pergunta: As densidades médias dos painéis nos diferentes tratamentos, são iguais?

Resposta da análise: Sim.

Procedimento: Análise de Variância Simples

Multifactor ANOVA - Densid

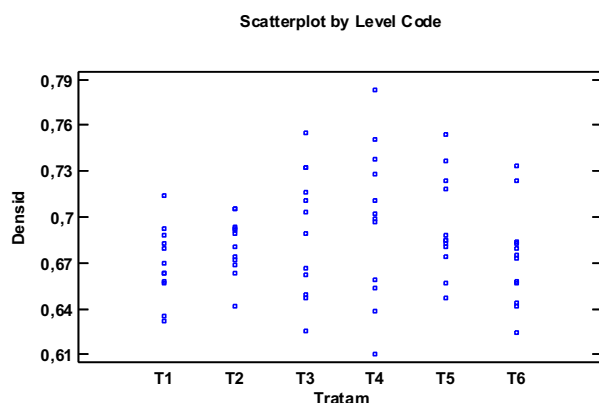
Dependent variable: Densid

Factors: Tratam

Number of complete cases: 72

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Densid. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Densid. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Densid - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	0,00800315	5	0,00160063	1,35	0,2534
RESIDUAL	0,0780724	66	0,00118292		
TOTAL (CORRECTED)	0,0860756	71			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Densid into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on Densid at the 95,0% confidence level.

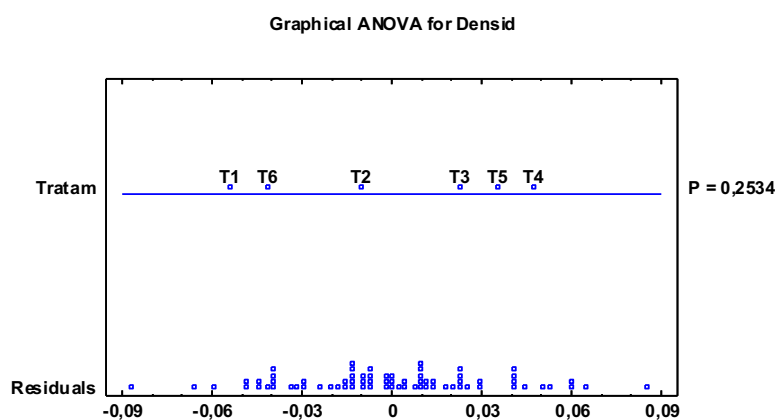


Table of Least Squares Means for Densid with 95,0% Confidence Intervals

			Std.	Lower	Upper
Level	Count	Mean	Error	Limit	Limit
GRAND MEAN	72	0,684433			

Tratam					
T1	12	0,66949	0,00992856	0,649667	0,689313
T2	12	0,681584	0,00992856	0,661761	0,701407
T3	12	0,690764	0,00992856	0,670941	0,710587
T4	12	0,69745	0,00992856	0,677626	0,717273
T5	12	0,694256	0,00992856	0,674433	0,714079
T6	12	0,673052	0,00992856	0,653229	0,692875

The StatAdvisor

This table shows the mean Densid for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Densid by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T1	12	0,66949	0,00992856	X
T6	12	0,673052	0,00992856	X
T2	12	0,681584	0,00992856	X
T3	12	0,690764	0,00992856	X
T5	12	0,694256	0,00992856	X
T4	12	0,69745	0,00992856	X

Multifactor ANOVA - Fmax

Dependent variable: Fmax

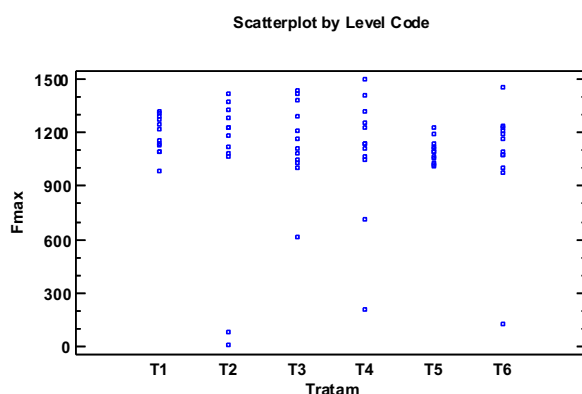
Factors:

Tratam

Number of complete cases: 72

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Fmax. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Fmax. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Fmax - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	181479,	5	36295,8	0,43	0,8294
RESIDUAL	5,63095E6	66	85317,4		
TOTAL (CORRECTED)	5,81243E6	71			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Fmax into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on Fmax at the 95,0% confidence level.

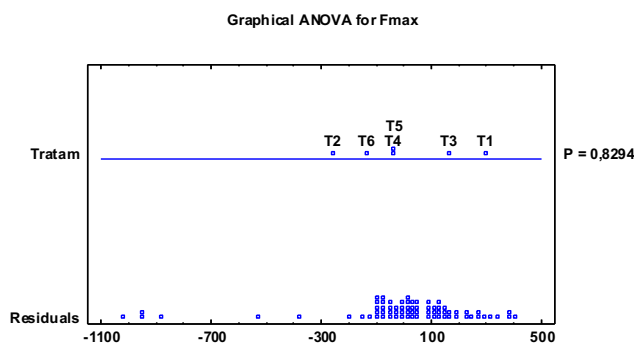


Table of Least Squares Means for Fmax with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	72	1104,08			
Tratam					
T1	12	1185,81	84,3195	1017,46	1354,16
T2	12	1033,93	84,3195	865,582	1202,28
T3	12	1148,65	84,3195	980,299	1317,0
T4	12	1093,3	84,3195	924,953	1261,65
T5	12	1095,4	84,3195	927,046	1263,75
T6	12	1067,41	84,3195	899,062	1235,76

The StatAdvisor

This table shows the mean Fmax for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Fmax by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T2	12	1033,93	84,3195	X
T6	12	1067,41	84,3195	X
T4	12	1093,3	84,3195	X
T5	12	1095,4	84,3195	X
T3	12	1148,65	84,3195	X
T1	12	1185,81	84,3195	X

Conclusao: As Medias de resistência ou FMax ao arrancamento de parafuso não diferiram estatisticamente para os diferentes tratamentos aplicados.

ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (TOPO)

Primeira Pergunta: As densidades medias dos painéis nos diferentes tratamentos, são iguais?

Resposta da análise: Sim .

Procedimento: Analise de Variância Simples

Multifactor ANOVA - Densidade

Dependent variable: Densidade

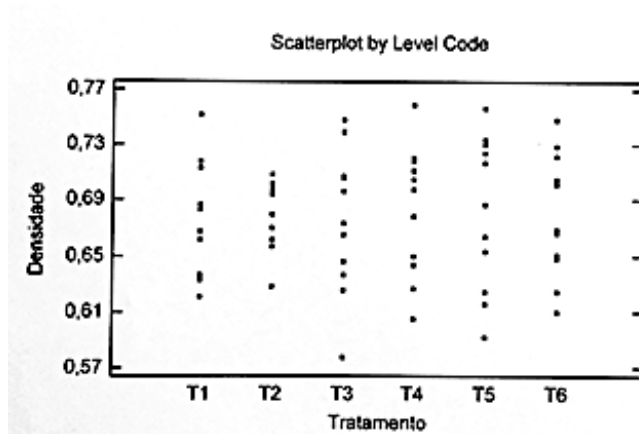
Factors:

Tratam

Number of complete cases: 72

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Densid. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Densid. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



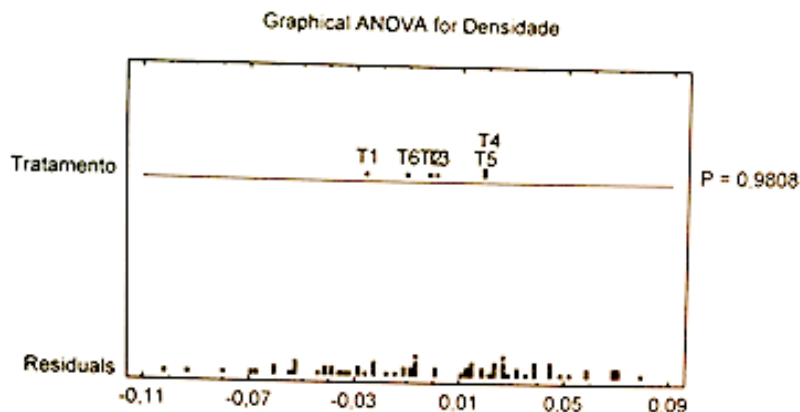
Analysis of Variance for Densid - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	0,00142862	5	0,000285725	0,15	0,9808
RESIDUAL	0,12973	66	0,0019656		
TOTAL (CORRECTED)	0,131158	71			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Densid into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on Densid at the 95,0% confidence level.



Multifactor ANOVA - Fmax

Dependent variable: Fmax

Factors:

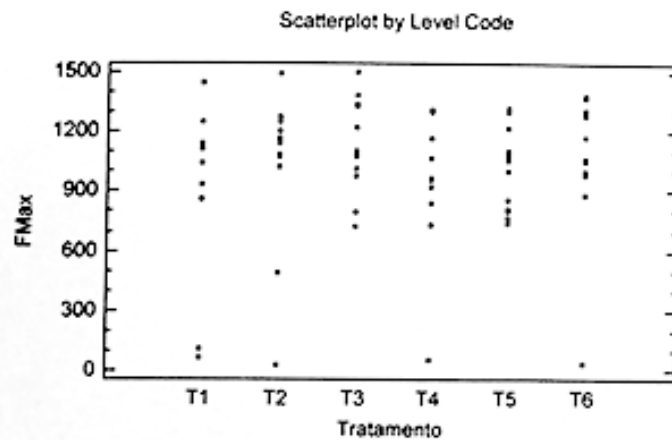
Tratamento

Number of complete cases: 72

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for Fmax. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on Fmax. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and

Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.



Analysis of Variance for Fmax - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	232405,	5	46480,9	0,40	0,8461
RESIDUAL	7,639999E6	66	115757,		
TOTAL (CORRECTED)	7,87239E6	71			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of Fmax into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since no P-values are less than 0,05, none of the factors have a statistically significant effect on Fmax at the 95,0% confidence level.

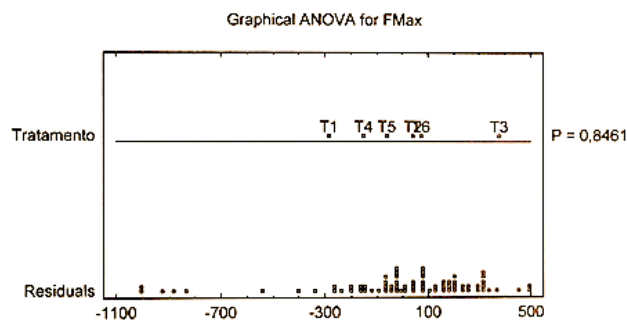


Table of Least Squares Means for Fmax with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	72	1023,34			
Tratam					
T1	12	945,614	98,2163	749,519	1141,71
T2	12	1034,33	98,2163	838,232	1230,42
T3	12	1127,29	98,2163	931,196	1323,39
T4	12	982,152	98,2163	786,056	1178,25
T5	12	1006,68	98,2163	810,587	1202,78
T6	12	1043,96	98,2163	847,863	1240,05

The StatAdvisor

This table shows the mean Fmax for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for Fmax by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T1	12	945,614	98,2163	X
T4	12	982,152	98,2163	X
T5	12	1006,68	98,2163	X
T2	12	1034,33	98,2163	X
T6	12	1043,96	98,2163	X
T3	12	1127,29	98,2163	X

Conclusao: As Medias de resistência ou FMax ao arrancamento de parafuso não diferiram estatisticamente para os diferentes tratamentos aplicados.

FASE 2:

Multifactor ANOVA - ABS_2h

Dependent variable: ABS_2h

Factors:

Tratam

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for ABS_2h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on ABS_2h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for ABS_2h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	36783,8	8	4597,98	123,37	0,0000
RESIDUAL	9727,2	261	37,269		
TOTAL (CORRECTED)	46511,0	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of ABS_2h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on ABS_2h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for ABS_2h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	270	18,77			
Tratam					
T1	30	48,3537	1,11458	46,1589	50,5484
T2	30	23,234	1,11458	21,0393	25,4287
T3	30	12,662	1,11458	10,4673	14,8567
T4	30	20,0567	1,11458	17,8619	22,2514
T5	30	14,9873	1,11458	12,7926	17,1821
T6	30	8,59667	1,11458	6,40194	10,7914
T7	30	21,0833	1,11458	18,8886	23,2781
T8	30	12,6523	1,11458	10,4576	14,8471
T9	30	7,30433	1,11458	5,10961	9,49906

The StatAdvisor

This table shows the mean ABS_2h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for ABS_2h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T9	30	7,30433	1,11458	X
T6	30	8,59667	1,11458	XX
T8	30	12,6523	1,11458	XX
T3	30	12,662	1,11458	XX
T5	30	14,9873	1,11458	X
T4	30	20,0567	1,11458	X
T7	30	21,0833	1,11458	X
T2	30	23,234	1,11458	X
T1	30	48,3537	1,11458	X

Multifactor ANOVA - ABS_2h

Dependent variable: ABS_2h

Factors:Densidade

Resina

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for ABS_2h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on ABS_2h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for ABS_2h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	19006,1	2	9503,03	254,98	0,0000
B:Resina	11743,1	2	5871,55	157,55	0,0000
INTERACTIONS					
AB	6034,69	4	1508,67	40,48	0,0000
RESIDUAL	9727,2	261	37,269		
TOTAL (CORRECTED)	46511,0	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of ABS_2h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on ABS_2h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for ABS_2h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	270	18,77			
Densidade					
D55	90	29,8312	0,643506	28,5641	31,0983
D70	90	16,9579	0,643506	15,6908	18,225
D85	90	9,521	0,643506	8,25387	10,7881
Resina					

R10	90	14,5469	0,643506	13,2798	15,814
R12	90	13,68	0,643506	12,4129	14,9471
R8	90	28,0832	0,643506	26,8161	29,3503
Densidade by Resina					
D55,R10	30	20,0567	1,11458	17,8619	22,2514
D55,R12	30	21,0833	1,11458	18,8886	23,2781
D55,R8	30	48,3537	1,11458	46,1589	50,5484
D70,R10	30	14,9873	1,11458	12,7926	17,1821
D70,R12	30	12,6523	1,11458	10,4576	14,8471
D70,R8	30	23,234	1,11458	21,0393	25,4287
D85,R10	30	8,59667	1,11458	6,40194	10,7914
D85,R12	30	7,30433	1,11458	5,10961	9,49906
D85,R8	30	12,662	1,11458	10,4673	14,8567

The StatAdvisor

This table shows the mean ABS_2h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for ABS_2h by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Densidade	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
D85	90	9,521	0,643506	x
D70	90	16,9579	0,643506	x
D55	90	29,8312	0,643506	x

Multiple Range Tests for ABS_2h by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Resina	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
R12	90	13,68	0,643506	x
R10	90	14,5469	0,643506	x
R8	90	28,0832	0,643506	x

Multifactor ANOVA - ABS_24h

Dependent variable: ABS_24h

Factors:

Tratam

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for ABS_24h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on ABS_24h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for ABS_24h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	101986,	8	12748,2	130,16	0,0000
RESIDUAL	25563,2	261	97,9433		
TOTAL (CORRECTED)	127549,	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of ABS_24h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on ABS_24h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for ABS_24h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	270	50,4191			
Tratam					
T1	30	90,824	1,80687	87,2661	94,3819
T2	30	61,762	1,80687	58,2041	65,3199
T3	30	44,6067	1,80687	41,0488	48,1646
T4	30	61,7627	1,80687	58,2048	65,3206
T5	30	40,1747	1,80687	36,6168	43,7326
T6	30	30,3317	1,80687	26,7738	33,8896
T7	30	61,2923	1,80687	57,7344	64,8502
T8	30	39,6933	1,80687	36,1354	43,2512
T9	30	23,3243	1,80687	19,7664	26,8822

The StatAdvisor

This table shows the mean ABS_24h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for ABS_24h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T9	30	23,3243	1,80687	X
T6	30	30,3317	1,80687	X
T8	30	39,6933	1,80687	X
T5	30	40,1747	1,80687	X
T3	30	44,6067	1,80687	X
T7	30	61,2923	1,80687	X
T2	30	61,762	1,80687	X
T4	30	61,7627	1,80687	X
T1	30	90,824	1,80687	X

Multifactor ANOVA - ABS_24h

Dependent variable: ABS_24h

Factors:

Densidade

Resina

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for ABS_24h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on ABS_24h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for ABS_24h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	68225,9	2	34113,0	348,29	0,0000
B:Resina	31967,7	2	15983,9	163,20	0,0000
INTERACTIONS					

AB	1792,18	4	448,045	4,57	0,0014
RESIDUAL	25563,2	261	97,9433		
TOTAL (CORRECTED)	127549,	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of ABS_24h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on ABS_24h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for ABS_24h with 95,0% Confidence Intervals

			<i>Std.</i>	<i>Lower</i>	<i>Upper</i>
<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Error</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
GRAND MEAN	270	50,4191			
Densidade					
D55	90	71,293	1,0432	69,2388	73,3472
D70	90	47,21	1,0432	45,1558	49,2642
D85	90	32,7542	1,0432	30,7001	34,8084
Resina					
R10	90	44,0897	1,0432	42,0355	46,1438
R12	90	41,4367	1,0432	39,3825	43,4908
R8	90	65,7309	1,0432	63,6767	67,785
Densidade by Resina					
D55,R10	30	61,7627	1,80687	58,2048	65,3206
D55,R12	30	61,2923	1,80687	57,7344	64,8502
D55,R8	30	90,824	1,80687	87,2661	94,3819
D70,R10	30	40,1747	1,80687	36,6168	43,7326
D70,R12	30	39,6933	1,80687	36,1354	43,2512
D70,R8	30	61,762	1,80687	58,2041	65,3199
D85,R10	30	30,3317	1,80687	26,7738	33,8896
D85,R12	30	23,3243	1,80687	19,7664	26,8822
D85,R8	30	44,6067	1,80687	41,0488	48,1646

The StatAdvisor

This table shows the mean ABS_24h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for ABS_24h by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Densidade</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D85	90	32,7542	1,0432	x
D70	90	47,21	1,0432	x
D55	90	71,293	1,0432	x

Multiple Range Tests for ABS_24h by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Resina</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
R12	90	41,4367	1,0432	x
R10	90	44,0897	1,0432	x
R8	90	65,7309	1,0432	x

Multifactor ANOVA - IE_2h

Dependent variable: IE_2h

Factors: Tratam

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for IE_2h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on IE_2h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for IE_2h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	338,433	8	42,3041	28,48	0,0000
RESIDUAL	387,727	261	1,48555		
TOTAL (CORRECTED)	726,16	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of IE_2h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on IE_2h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for IE_2h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	270	4,26478			
Tratam					
T1	30	6,612	0,222527	6,17382	7,05018
T2	30	5,25633	0,222527	4,81816	5,69451
T3	30	5,32	0,222527	4,88182	5,75818
T4	30	3,56033	0,222527	3,12216	3,99851
T5	30	3,603	0,222527	3,16482	4,04118
T6	30	4,01967	0,222527	3,58149	4,45784
T7	30	3,40767	0,222527	2,96949	3,84584
T8	30	3,08733	0,222527	2,64916	3,52551
T9	30	3,51667	0,222527	3,07849	3,95484

The StatAdvisor

This table shows the mean IE_2h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for IE_2h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T8	30	3,08733	0,222527	X
T7	30	3,40767	0,222527	X
T9	30	3,51667	0,222527	X
T4	30	3,56033	0,222527	X
T5	30	3,603	0,222527	X
T6	30	4,01967	0,222527	X
T2	30	5,25633	0,222527	X
T3	30	5,32	0,222527	X
T1	30	6,612	0,222527	X

Multifactor ANOVA - IE_2h

Dependent variable: IE_2h

Factors:

Densidade
Resina

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for IE_2h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on IE_2h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for IE_2h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	13,3965	2	6,69827	4,51	0,0119
B:Resina	296,469	2	148,234	99,78	0,0000
INTERACTIONS					
AB	28,5673	4	7,14184	4,81	0,0009
RESIDUAL	387,727	261	1,48555		
TOTAL (CORRECTED)	726,16	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of IE_2h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on IE_2h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for IE_2h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	270	4,26478			
Densidade					
D55	90	4,52667	0,128476	4,27368	4,77965
D70	90	3,98222	0,128476	3,72924	4,2352
D85	90	4,28544	0,128476	4,03246	4,53843
Resina					
R10	90	3,72767	0,128476	3,47468	3,98065
R12	90	3,33722	0,128476	3,08424	3,5902
R8	90	5,72944	0,128476	5,47646	5,98243
Densidade by Resina					
D55,R10	30	3,56033	0,222527	3,12216	3,99851
D55,R12	30	3,40767	0,222527	2,96949	3,84584
D55,R8	30	6,612	0,222527	6,17382	7,05018
D70,R10	30	3,603	0,222527	3,16482	4,04118
D70,R12	30	3,08733	0,222527	2,64916	3,52551
D70,R8	30	5,25633	0,222527	4,81816	5,69451
D85,R10	30	4,01967	0,222527	3,58149	4,45784
D85,R12	30	3,51667	0,222527	3,07849	3,95484
D85,R8	30	5,32	0,222527	4,88182	5,75818

The StatAdvisor

This table shows the mean IE_2h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for IE_2h by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Densidade</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D70	90	3,98222	0,128476	X
D85	90	4,28544	0,128476	XX
D55	90	4,52667	0,128476	X

Multifactor ANOVA - IE_24h

Dependent variable: IE_24h

Factors: Tratam

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for IE_24h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on IE_24h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for IE_24h - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of Square</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	2332,58	8	291,573	88,62	0,0000
RESIDUAL	858,763	261	3,29028		
TOTAL (CORRECTED)	3191,35	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of IE_24h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on IE_24h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for IE_24h with 95,0% Confidence Intervals

<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>
GRAND MEAN	270	12,1364			
Tratam					
T1	30	13,0767	0,331174	12,4246	13,7288
T2	30	15,8173	0,331174	15,1652	16,4694
T3	30	18,0093	0,331174	17,3572	18,6614
T4	30	10,479	0,331174	9,82689	11,1311
T5	30	11,9547	0,331174	11,3026	12,6068
T6	30	12,2623	0,331174	11,6102	12,9144
T7	30	8,83667	0,331174	8,18455	9,48878
T8	30	9,15	0,331174	8,49789	9,80211
T9	30	9,64133	0,331174	8,98922	10,2934

The StatAdvisor

This table shows the mean IE_24h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for IE_24h by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T7	30	8,83667	0,331174	X
T8	30	9,15	0,331174	XX
T9	30	9,64133	0,331174	XX
T4	30	10,479	0,331174	X
T5	30	11,9547	0,331174	X
T6	30	12,2623	0,331174	X
T1	30	13,0767	0,331174	X
T2	30	15,8173	0,331174	X
T3	30	18,0093	0,331174	X

Multifactor ANOVA - IE_24h

Dependent variable: IE_24h

Factors:

Densidade

Resina

Number of complete cases: 270

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for IE_24h. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on IE_24h. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for IE_24h - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	286,748	2	143,374	43,58	0,0000
B:Resina	1901,71	2	950,857	288,99	0,0000
INTERACTIONS					
AB	144,121	4	36,0303	10,95	0,0000
RESIDUAL	858,763	261	3,29028		
TOTAL (CORRECTED)	3191,35	269			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of IE_24h into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on IE_24h at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for IE_24h with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	270	12,1364			
Densidade					
D55	90	10,7974	0,191203	10,4209	11,1739
D70	90	12,3073	0,191203	11,9308	12,6838
D85	90	13,3043	0,191203	12,9278	13,6808
Resina					
R10	90	11,5653	0,191203	11,1888	11,9418
R12	90	9,20933	0,191203	8,83284	9,58583
R8	90	15,6344	0,191203	15,2579	16,0109
Densidade by Resina					

D55,R10	30	10,479	0,331174	9,82689	11,1311
D55,R12	30	8,83667	0,331174	8,18455	9,48878
D55,R8	30	13,0767	0,331174	12,4246	13,7288
D70,R10	30	11,9547	0,331174	11,3026	12,6068
D70,R12	30	9,15	0,331174	8,49789	9,80211
D70,R8	30	15,8173	0,331174	15,1652	16,4694
D85,R10	30	12,2623	0,331174	11,6102	12,9144
D85,R12	30	9,64133	0,331174	8,98922	10,2934
D85,R8	30	18,0093	0,331174	17,3572	18,6614

The StatAdvisor

This table shows the mean IE_24h for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for IE_24h by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Densidade	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
D55	90	10,7974	0,191203	x
D70	90	12,3073	0,191203	x
D85	90	13,3043	0,191203	x

Multiple Range Tests for IE_24h by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Resina	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
R12	90	9,20933	0,191203	x
R10	90	11,5653	0,191203	x
R8	90	15,6344	0,191203	x

Multifactor ANOVA - MOR_MPa- FLEXAO

Dependent variable: MOR_MPa

Factors: Tratam

Number of complete cases: 135

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for MOR_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on MOR_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for MOR_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	4380,78	8	547,597	83,12	0,0000
RESIDUAL	830,105	126	6,58813		
TOTAL (CORRECTED)	5210,88	134			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of MOR_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on MOR_MPa at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for MOR_MPa with 95,0% Confidence Intervals

<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>
GRAND MEAN	135	14,1973			
Tratam					
1	15	6,55467	0,662728	5,24314	7,86619
2	15	12,1627	0,662728	10,8511	13,4742
3	15	19,6627	0,662728	18,3511	20,9742
4	15	8,32667	0,662728	7,01514	9,63819
5	15	16,1867	0,662728	14,8751	17,4982
6	15	21,388	0,662728	20,0765	22,6995
7	15	7,23133	0,662728	5,91981	8,54286
8	15	14,2573	0,662728	12,9458	15,5689
9	15	22,006	0,662728	20,6945	23,3175

The StatAdvisor

This table shows the mean MOR_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for MOR_MPa by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
1	15	6,55467	0,662728	X
7	15	7,23133	0,662728	X
4	15	8,32667	0,662728	X
2	15	12,1627	0,662728	X
8	15	14,2573	0,662728	XX
5	15	16,1867	0,662728	X
3	15	19,6627	0,662728	X
6	15	21,388	0,662728	X
9	15	22,006	0,662728	X

Multifactor ANOVA - MOR_MPa

Dependent variable: MOR_MPa

Factors:

Densidade

Resina

Number of complete cases: 135

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for MOR_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on MOR_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for MOR_MPa - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	4191,03	2	2095,51	318,07	0,0000
B:Resina	147,537	2	73,7686	11,20	0,0000
INTERACTIONS					
AB	42,2131	4	10,5533	1,60	0,1779
RESIDUAL	830,105	126	6,58813		
TOTAL (CORRECTED)	5210,88	134			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of MOR_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 2 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on MOR_MPa at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for MOR_MPa with 95,0% Confidence Intervals

<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>
GRAND MEAN	135	14,1973			
Densidade					
D55	45	7,37089	0,382626	6,61368	8,1281
D70	45	14,2022	0,382626	13,445	14,9594
D85	45	21,0189	0,382626	20,2617	21,7761
Resina					
R10	45	15,3004	0,382626	14,5432	16,0577
R12	45	14,4982	0,382626	13,741	15,2554
R8	45	12,7933	0,382626	12,0361	13,5505
Densidade by Resina					
D55,R10	15	8,32667	0,662728	7,01514	9,63819
D55,R12	15	7,23133	0,662728	5,91981	8,54286
D55,R8	15	6,55467	0,662728	5,24314	7,86619
D70,R10	15	16,1867	0,662728	14,8751	17,4982
D70,R12	15	14,2573	0,662728	12,9458	15,5689
D70,R8	15	12,1627	0,662728	10,8511	13,4742
D85,R10	15	21,388	0,662728	20,0765	22,6995
D85,R12	15	22,006	0,662728	20,6945	23,3175
D85,R8	15	19,6627	0,662728	18,3511	20,9742

The StatAdvisor

This table shows the mean MOR_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for MOR_MPa by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Densidade</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D55	45	7,37089	0,382626	x
D70	45	14,2022	0,382626	x
D85	45	21,0189	0,382626	x

Multiple Range Tests for MOR_MPa by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Resina</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
R8	45	12,7933	0,382626	x
R12	45	14,4982	0,382626	x
R10	45	15,3004	0,382626	x

Multifactor ANOVA - MOE_MPa

Dependent variable: MOE_MPa

Factors: Tratam

Number of complete cases: 135

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for MOE_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on MOE_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for MOE_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	1,20729E8	8	1,50911E7	79,76	0,0000
RESIDUAL	2,38392E7	126	189200,		
TOTAL (CORRECTED)	1,44568E8	134			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of MOE_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on MOE_MPa at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for MOE_MPa with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	135	2567,65			
Tratam					
1	15	1267,47	112,309	1045,22	1489,73
2	15	2290,54	112,309	2068,29	2512,8
3	15	3298,18	112,309	3075,92	3520,44
4	15	1590,65	112,309	1368,39	1812,9
5	15	2870,31	112,309	2648,06	3092,57
6	15	3677,8	112,309	3455,55	3900,06
7	15	1412,21	112,309	1189,96	1634,47
8	15	2677,29	112,309	2455,03	2899,54
9	15	4024,36	112,309	3802,11	4246,62

The StatAdvisor

This table shows the mean MOE_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for MOE_MPa by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
1	15	1267,47	112,309	X
7	15	1412,21	112,309	X
4	15	1590,65	112,309	X
2	15	2290,54	112,309	X
8	15	2677,29	112,309	XX
5	15	2870,31	112,309	XX
3	15	3298,18	112,309	XX
6	15	3677,8	112,309	XX
9	15	4024,36	112,309	X

Multifactor ANOVA - MOE_MPa

Dependent variable: MOE_MPa

Factors: Densidade

Resina

Number of complete cases: 135

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for MOE_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on MOE_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for MOE_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	1,1337E8	2	5,66849E7	299,60	0,0000
B:Resina	5,37887E6	2	2,68943E6	14,21	0,0000
INTERACTIONS					
AB	1,9799E6	4	494974,	2,62	0,0383
RESIDUAL	2,38392E7	126	189200,		
TOTAL (CORRECTED)	1,44568E8	134			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of MOE_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on MOE_MPa at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for MOE_MPa with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	135	2567,65			
Densidade					
D55	45	1423,45	64,8417	1295,13	1551,77
D70	45	2612,71	64,8417	2484,39	2741,03
D85	45	3666,78	64,8417	3538,46	3795,1
Resina					
R10	45	2712,92	64,8417	2584,6	2841,24
R12	45	2704,62	64,8417	2576,3	2832,94
R8	45	2285,4	64,8417	2157,08	2413,72
Densidade by Resina					
D55,R10	15	1590,65	112,309	1368,39	1812,9
D55,R12	15	1412,21	112,309	1189,96	1634,47
D55,R8	15	1267,47	112,309	1045,22	1489,73
D70,R10	15	2870,31	112,309	2648,06	3092,57
D70,R12	15	2677,29	112,309	2455,03	2899,54
D70,R8	15	2290,54	112,309	2068,29	2512,8
D85,R10	15	3677,8	112,309	3455,55	3900,06
D85,R12	15	4024,36	112,309	3802,11	4246,62
D85,R8	15	3298,18	112,309	3075,92	3520,44

The StatAdvisor

This table shows the mean MOE_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for MOE_MPa by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Densidade	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
D55	45	1423,45	64,8417	x
D70	45	2612,71	64,8417	x
D85	45	3666,78	64,8417	x

Multiple Range Tests for MOE_MPa by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Resina	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
R8	45	2285,4	64,8417	x
R12	45	2704,62	64,8417	x
R10	45	2712,92	64,8417	x

Multifactor ANOVA - LI_MPa

Dependent variable: LI_MPa

Factors: Tratam

Number of complete cases: 162

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for LI_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on LI_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for LI_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	1,49462	8	0,186827	18,68	0,0000
RESIDUAL	1,53042	153	0,0100027		
TOTAL (CORRECTED)	3,02503	161			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of LI_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on LI_MPa at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for LI_MPa with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	162	0,676605			
Tratam					
T1	18	0,530556	0,0235734	0,483984	0,577127
T2	18	0,603889	0,0235734	0,557317	0,65046
T3	18	0,681111	0,0235734	0,63454	0,727683
T4	18	0,58	0,0235734	0,533428	0,626572
T5	18	0,751667	0,0235734	0,705095	0,798238
T6	18	0,838889	0,0235734	0,792317	0,88546
T7	18	0,627778	0,0235734	0,581206	0,674349
T8	18	0,788889	0,0235734	0,742317	0,83546
T9	18	0,686667	0,0235734	0,640095	0,733238

The StatAdvisor

This table shows the mean LI_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for LI_MPa by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T1	18	0,530556	0,0235734	X
T4	18	0,58	0,0235734	XX
T2	18	0,603889	0,0235734	XXX
T7	18	0,627778	0,0235734	XXX
T3	18	0,681111	0,0235734	XXX
T9	18	0,686667	0,0235734	XXX
T5	18	0,751667	0,0235734	XXX
T8	18	0,788889	0,0235734	XX
T6	18	0,838889	0,0235734	X

Multifactor ANOVA - LI_MPa

Dependent variable: LI_MPa

Factors:

Densid

Resina

Number of complete cases: 162

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for LI_MPa. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on LI_MPa. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for LI_MPa - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densid	0,776268	2	0,388134	38,80	0,0000
B:Resina	0,42672	2	0,21336	21,33	0,0000
INTERACTIONS					
AB	0,291628	4	0,0729071	7,29	0,0000
RESIDUAL	1,53042	153	0,0100027		
TOTAL (CORRECTED)	3,02503	161			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of LI_MPa into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 3 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on LI_MPa at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for LI_MPa with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	162	0,676605			
Densid					
D55	54	0,579444	0,0136101	0,552556	0,606333
D70	54	0,714815	0,0136101	0,687927	0,741703

D85	54	0,735556	0,0136101	0,708667	0,762444
Resina					
D10	54	0,723519	0,0136101	0,69663	0,750407
D12	54	0,701111	0,0136101	0,674223	0,727999
D8	54	0,605185	0,0136101	0,578297	0,632073
Densid by Resina					
D55,D10	18	0,58	0,0235734	0,533428	0,626572
D55,D12	18	0,627778	0,0235734	0,581206	0,674349
D55,D8	18	0,530556	0,0235734	0,483984	0,577127
D70,D10	18	0,751667	0,0235734	0,705095	0,798238
D70,D12	18	0,788889	0,0235734	0,742317	0,83546
D70,D8	18	0,603889	0,0235734	0,557317	0,65046
D85,D10	18	0,838889	0,0235734	0,792317	0,88546
D85,D12	18	0,686667	0,0235734	0,640095	0,733238
D85,D8	18	0,681111	0,0235734	0,63454	0,727683

The StatAdvisor

This table shows the mean LI_MPa for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for LI_MPa by Densid

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Densid	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
D55	54	0,579444	0,0136101	x
D70	54	0,714815	0,0136101	x
D85	54	0,735556	0,0136101	x

Multiple Range Tests for LI_MPa by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Resina	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
R8	54	0,605185	0,0136101	x
R12	54	0,701111	0,0136101	x
R10	54	0,723519	0,0136101	x

Multifactor ANOVA – Fmax (AP – Superfície)

Dependent variable: FMax

Factors: Tratam

Number of complete cases: 107

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for FMax. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on FMax. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for FMax - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	1,79185E7	8	2,23982E6	56,51	0,0000
RESIDUAL	3,88401E6	98	39632,8		
TOTAL (CORRECTED)	2,18026E7	106			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of FMax into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on FMax at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for FMax with 95,0% Confidence Intervals

<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>
GRAND MEAN	107	1062,18			
Tratam					
T1	12	534,558	57,4694	420,511	648,604
T2	12	915,473	57,4694	801,427	1029,52
T3	12	1500,28	57,4694	1386,23	1614,33
T4	12	621,627	57,4694	507,58	735,673
T5	11	1093,5	60,0248	974,386	1212,62
T6	12	1526,74	57,4694	1412,69	1640,78
T7	12	608,656	57,4694	494,609	722,702
T8	12	1076,42	57,4694	962,374	1190,47
T9	12	1682,41	57,4694	1568,37	1796,46

The StatAdvisor

This table shows the mean FMax for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for FMax by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Tratam</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
T1	12	534,558	57,4694	x
T7	12	608,656	57,4694	x
T4	12	621,627	57,4694	x
T2	12	915,473	57,4694	x
T8	12	1076,42	57,4694	x
T5	11	1093,5	60,0248	x
T3	12	1500,28	57,4694	x
T6	12	1526,74	57,4694	x
T9	12	1682,41	57,4694	x

Multifactor ANOVA – Fmax (AP-Superfície)

Dependent variable: FMax

Factors:

Densidade

Resina

Number of complete cases: 107

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for FMax. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on FMax. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for FMax - Type III Sums of Squares

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	1,74014E7	2	8,70068E6	219,53	0,0000
B:Resina	366067,	2	183033,	4,62	0,0121

INTERACTIONS					
AB	148243,	4	37060,6	0,94	0,4470
RESIDUAL	3,88401E6	98	39632,8		
TOTAL (CORRECTED)	2,18026E7	106			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of FMax into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 2 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on FMax at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for FMax with 95,0% Confidence Intervals

<i>Level</i>	<i>Count</i>	<i>Mean</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Lower Limit</i>	<i>Upper Limit</i>
GRAND MEAN	107	1062,18			
Densidade					
D55	36	588,28	33,18	522,435	654,125
D70	35	1028,47	33,679	961,631	1095,3
D85	36	1569,81	33,18	1503,96	1635,65
Resina					
R10	35	1080,62	33,679	1013,79	1147,46
R12	36	1122,5	33,18	1056,65	1188,34
R8	36	983,437	33,18	917,592	1049,28
Densidade by Resina					
D55,R10	12	621,627	57,4694	507,58	735,673
D55,R12	12	608,656	57,4694	494,609	722,702
D55,R8	12	534,558	57,4694	420,511	648,604
D70,R10	11	1093,5	60,0248	974,386	1212,62
D70,R12	12	1076,42	57,4694	962,374	1190,47
D70,R8	12	915,473	57,4694	801,427	1029,52
D85,R10	12	1526,74	57,4694	1412,69	1640,78
D85,R12	12	1682,41	57,4694	1568,37	1796,46
D85,R8	12	1500,28	57,4694	1386,23	1614,33

The StatAdvisor

This table shows the mean FMax for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for FMax by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Densidade</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D55	36	588,28	33,18	x
D70	35	1028,47	33,679	x
D85	36	1569,81	33,18	x

Multiple Range Tests for FMax by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Resina</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
R8	36	983,437	33,18	x
R10	35	1080,62	33,679	xx
R12	36	1122,5	33,18	x

Multifactor ANOVA – FMax – Arrancamento Topo

Dependent variable: FMax

Factors: Tratam

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for FMax. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on FMax. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for FMax - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Square	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Tratam	2,33269E7	8	2,91586E6	53,63	0,0000
RESIDUAL	5,38273E6	99	54371,1		
TOTAL (CORRECTED)	2,87096E7	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of FMax into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since one P-value is less than 0,05, this factor has a statistically significant effect on FMax at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for FMax with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	108	1135,47			
Tratam					
T1	12	550,474	67,3121	416,912	684,036
T2	12	907,091	67,3121	773,529	1040,65
T3	12	1524,24	67,3121	1390,68	1657,8
T4	12	623,61	67,3121	490,048	757,172
T5	12	1122,48	67,3121	988,915	1256,04
T6	12	1771,64	67,3121	1638,07	1905,2
T7	12	685,416	67,3121	551,854	818,978
T8	12	1172,5	67,3121	1038,94	1306,06
T9	12	1861,83	67,3121	1728,26	1995,39

The StatAdvisor

This table shows the mean FMax for each level of the factors. It also shows the standard error of each mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for FMax by Tratam

Method: 95,0 percent Tukey HSD

Tratam	Count	LS Mean	LS Sigma	Homogeneous Groups
T1	12	550,474	67,3121	X
T4	12	623,61	67,3121	XX
T7	12	685,416	67,3121	XX
T2	12	907,091	67,3121	XX
T5	12	1122,48	67,3121	X
T8	12	1172,5	67,3121	X
T3	12	1524,24	67,3121	X
T6	12	1771,64	67,3121	XX
T9	12	1861,83	67,3121	X

Multifactor ANOVA – Fmax (AP – Topo)

Dependent variable: FMax

Factors:

Densidade

Resina

Number of complete cases: 108

The StatAdvisor

This procedure performs a multifactor analysis of variance for FMax. It constructs various tests and graphs to determine which factors have a statistically significant effect on FMax. It also tests for significant interactions amongst the factors, given sufficient data. The F-tests in the ANOVA table will allow you to identify the significant factors. For each significant factor, the Multiple Range Tests will tell you which means are significantly different from which others. The Means Plot and Interaction Plot will help you interpret the significant effects. The Residual Plots will help you judge whether the assumptions underlying the analysis of variance are violated by the data.

Analysis of Variance for FMax - Type III Sums of Squares

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Densidade	2,20068E7	2	1,10034E7	202,38	0,0000
B:Resina	1,16342E6	2	581711,	10,70	0,0001
INTERACTIONS					
AB	156639,	4	39159,6	0,72	0,5801
RESIDUAL	5,38273E6	99	54371,1		
TOTAL (CORRECTED)	2,87096E7	107			

All F-ratios are based on the residual mean square error.

The StatAdvisor

The ANOVA table decomposes the variability of FMax into contributions due to various factors. Since Type III sums of squares (the default) have been chosen, the contribution of each factor is measured having removed the effects of all other factors. The P-values test the statistical significance of each of the factors. Since 2 P-values are less than 0,05, these factors have a statistically significant effect on FMax at the 95,0% confidence level.

Table of Least Squares Means for FMax with 95,0% Confidence Intervals

Level	Count	Mean	Std. Error	Lower Limit	Upper Limit
GRAND MEAN	108	1135,47			
Densidade					
D55	36	619,833	38,8627	542,721	696,945
D70	36	1067,36	38,8627	990,244	1144,47
D85	36	1719,23	38,8627	1642,12	1796,35
Resina					
R10	36	1172,57	38,8627	1095,46	1249,69
R12	36	1239,91	38,8627	1162,8	1317,03
R8	36	993,935	38,8627	916,823	1071,05
Densidade by Resina					
D55,R10	12	623,61	67,3121	490,048	757,172
D55,R12	12	685,416	67,3121	551,854	818,978
D55,R8	12	550,474	67,3121	416,912	684,036
D70,R10	12	1122,48	67,3121	988,915	1256,04
D70,R12	12	1172,5	67,3121	1038,94	1306,06
D70,R8	12	907,091	67,3121	773,529	1040,65
D85,R10	12	1771,64	67,3121	1638,07	1905,2
D85,R12	12	1861,83	67,3121	1728,26	1995,39
D85,R8	12	1524,24	67,3121	1390,68	1657,8

The StatAdvisor

This table shows the mean FMax for each level of the factors. It also shows the standard error of each

mean, which is a measure of its sampling variability. The rightmost two columns show 95,0% confidence intervals for each of the means. You can display these means and intervals by selecting Means Plot from the list of Graphical Options.

Multiple Range Tests for FMax by Densidade

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Densidade</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
D55	36	619,833	38,8627	x
D70	36	1067,36	38,8627	x
D85	36	1719,23	38,8627	x

Multiple Range Tests for FMax by Resina

Method: 95,0 percent Tukey HSD

<i>Resina</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
R8	36	993,935	38,8627	x
R10	36	1172,57	38,8627	x
R12	36	1239,91	38,8627	x